



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENINGKATAN EFISIENSI OPERASI PT PJB UP GRESIK
DENGAN PENDEKATAN KONSEP *LEAN THINKING*
(STUDI KASUS : PLTU UNIT 4 PT. PJB UP GRESIK)**

Muchtarul Faisol
NRP 2511.100.084

Dosen Pembimbing:
H. Hari Supriyanto Ir., MSIE

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT – TI 141501

**OPERATIONAL EFFICIENCY IMPROVEMENT PT. PJB UP
GRESIK USING LEAN THINKING CONCEPT APPROACH
(CASE STUDY : PLTU UNIT 4 PT. PJB UP GRESIK)**

Muchtarul Faisol
NRP 2511.100.084

SUPERVISOR:
H. Hari Supriyanto Ir., MSIE

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN EFISIENSI OPERASI PT. PJB UP GRESIK DENGAN PENDEKATAN KONSEP *LEAN THINKING* (STUDI KASUS: PLTU UNIT 4 PT. PJB UP GRESIK)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muchtarul Faisol

NRP. 2511 100 084

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Surabaya, 8 Juni 2015



H. Hari Supriyanto Ir., MSIE



**Peningkatan Efisiensi Operasi PT. PJB UP Gresik
Dengan Pendekatan Konsep *Lean Thinking*
(Studi Kasus : PLTU unit 4 PT. PJB UP Gresik)**

Nama Mahasiswa : Muchtarul Faisol
NRP : 251110084
Jurusan : Teknik Industri FTI-ITS
Pembimbing : H. Hari Supriyanto Ir., MSIE

ABSTRAK

PT. PJB UP Gresik merupakan salah satu anak perusahaan PT. PLN (persero) yang bergerak dibidang pembangkitan energi listrik. Kinerja operasi yang baik sangat diharapkan untuk mendukung kinerja dari unit pembangkit. Berdasarkan anual report tahun 2012, terjadi fluktuasi nilai kinerja dari PT PJB UP Gresik mulai tahun 2008-2012. Nilai kinerja yang fluktuatif mengindikasikan adanya masalah pada aktifitas operasi. Data kinerja operasi tahun 2014 PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 menunjukkan bahwa terjadi pemborosan dan *losses* energi pada proses pembangkitan energi listrik. Pemborosan yang terjadi tergolong *waste*. Pada penelitian ini digunakan metode *lean thinking* untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada aktivitas operasi PT PJB UP Gresik pada PLTU unit 4. *Waste* yang teridentifikasi adalah *excessive processing* dan *defect*. Penelitian juga dilakukan dengan bantuan tools *pareto chart* untuk mengetahui komponen kritis yang menyumbang *losses* energi terbanyak, lalu RCA (*Root Cause Analysis*) untuk mencari penyebab terjadinya *waste* dan analisa risiko untuk menilai dampak dari setiap *waste*. *Waste* yang sudah teridentifikasi lalu diberikan alternatif rekomendasi dan dipilih berdasarkan faktor subjektif dan objektifnya. Faktor subjektif dipilih berdasarkan penilaian dari alternatif rekomendasi dan kriteria rekomendasi dengan menggunakan *Analytic Hierarchy process* (AHP) dan faktor objektif dipilih berdasarkan biaya yang dikeluarkan untuk masing-masing rekomendasi dan dinilai dengan menggunakan *Net Present Value* (NPV). Kedua faktor tersebut dikombinasikan menggunakan *Brown-Gibson Method* untuk mencari alternatif rekomendasi terbaik. Alternatif rekomendasi terbaik yang didapatkan adalah perawatan khusus pada *condensor*. Alternatif ini memberikan penghematan sebesar Rp20.315.311.381 per tahun dan peningkatan efisiensi sebesar 0,48%.

Kata Kunci : *Analysis Hierarchy Process (AHP), Brown-Gibson Method , Lean thinking, Pareto chart, Root Cause Analysis (RCA).*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**Operational Efficiency Improvement PT. PJB UP Gresik Using
Lean Thinking Concept Approach
(Case Study : PLTU unit 4 PT. PJB UP Gresik)**

Student Name	: Muchtarul Faisol
NRP	: 2511100084
Departement	: Industrial Engineering ITS
Preceptor	: H. Hari Supriyanto Ir., MSIE

ABSTRACT

One of PT. PLN (persero) subsidiaries is PT. PJB UP Gresik. PT PJB UP Gresik is power plant company. A good operational performance could increase performance of power plant unit. According to annual report 2008-2012, there is fluctuation of performance measurement. It is indicate there is some problems on operational activity. Operating performance report in 2014 of PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 show that there is waste and energy losses in the power generation process. This research use lean thinking method to identify waste that occurs in the operational activities of PT PJB UP Gresik PLTU unit 4. Waste that identified is defect and *excessive processing*. Another tools also used in this research such as pareto chart to determined the critical components that contribute the most energy losses, and then Root cause analysis (RCA) to determined root cause of waste and risk analysis to assess the impact of each waste. Waste that already identified given an alternative recommendation and selected based on subjective factors and objective. Subjective factors are selected based on an assessment of alternative recommendation and criteria for recommendations using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and objective factors were selected based on the costs incurred for each recommendation and assessed by the use of the Net Present Value (NPV). Both these factors combined use Brown-Gibson method to search for the best alternative recommendation. The best alternative recommendation is obtained special treatment in the condensor. This alternative provides a savings of Rp20.315.311.381 per year and increase efficiency by 0.48%.

Key Words : Analysis Hierarchy Process (AHP), Brown-Gibson Method , Lean thinking, Pareto chart, Root Cause Analysis (RCA).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan petunjuk-Nya kepada penulis sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Peningkatan Efisiensi Operasi PT. PJB UP Gresik Dengan Pendekatan Konsep *Lean Thinking* (Studi Kasus: PLTU Unit 4 PT. PJB UP Gresik)” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis saat proses penulisan laporan tugas akhir, yaitu:

1. Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya serta junjungan Nabii Muhammad SAW sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Orang tua penulis yang telah memberikan kasih sayang, doa, dan semangat yang tak pernah berhenti.
3. Bapak H. Hari Supriyanto, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan nasihat selama proses pengerjaan tugas akhir.
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen serta Stakeholder TI ITS yang telah memberikan ilmu dan manfaat bagi penulis selama berkuliah di Teknik Industri ITS.
5. Bapak Yahya, Bapak Hilman, Bapak Sunarto, Bapak Heru dan seluruh karyawan PT. PJB UP Gresik, terutama pada Departemen RENTAL OP yang membantu penulis selama proses penyelesaian laporan tugas akhir.
6. Keluarga besar JGMM (Ndabrus, Rifki Bayi, Imung Maba, Riko, Didik The Longors, Martian Balotelli, Angga Stifler, Wawan Susu, Odhi Sate, Nodoro Edo, Aju, Pak Prof Aan, Redy Byung-jun, Nanda Kampes, Toger, Mbah Evan, ARMM, Fadel Gatel, Bagus Fak, Rendy Kacung, Rio, Dodon, Fajar Blek, Randyho dan Fiqi The Prince Of Java) yang

sudah menjadi penyemangat dan penghibur selama proses pengerjaan tugas akhir.

7. Keluarga besar Sismanity Brotherhood (Didik, Edwin, Randy, Nanda, Martian, Ziyad, Fikri, Kuntoro, Imung, Angga, Made, Randy, Alim, Argon, Dimas, dan Eko) yang selalu menemani bergadang setiap hari.
8. Asisten laboratrium Sistem Manufaktur (Ziyad, Martian, Feny, Sasa, Ines, Denisa, Indah, Tika, Andrian, Amir, Ryan, Yuni, Riris, Yovita, Vio, Rahma, Nana, dan Dyah) yang sudah memerikan semangat selama proses pengerjaan tugas akhir.
9. Teman-teman Six Sigmager yang menjadi teman seperjuangan pengerjaan laporan tugas akhir.
10. Teman-teman Fungsio dan Kabinet HMTI ITS 2013/2014, Teman-teman departemen Dikesma 2013/2014 yang telah memberikan semangat kepada penulis.
11. Keluarga besar VERESIS yang telah memberikan doa dan semangat selama menjalani perkuliahan.
12. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis selama pengerjaan Tugas Akhir yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menerima segala kritik dan saran yang bertujuan meningkatkan kualitas laporan tugas akhir ini. Penulis meminta maaf apabila terdapat kesalahan baik dalam penulisan maupu isi yang terdapat dalam laporan tugas akhir ini. Semoga penulisan laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan bagi dunia industri.

Surabaya, 8 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Energi Listrik.....	9
2.2 Konsep <i>Lean Thinking</i>	9
2.3 <i>Waste</i>	10
2.4 <i>Big Picture Mapping</i>	12
2.5 <i>Pareto Chart</i>	13
2.6 RCA (<i>Root Cause Analysis</i>)	14
2.7 Risiko.....	16
2.8 AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>).....	19
2.9 Brown-Gibson <i>Method</i>	21
2.10 <i>Net Present Value</i> (NPV)	21
2.11 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Tahap Identifikasi.....	27

3.1.1	Identifikasi Masalah	27
3.1.2	Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian.....	27
3.1.3	Studi Pustaka dan Studi Lapangan	27
3.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	28
3.3	Tahap Analisa dan Interpretasi Data.....	28
3.4	Tahap Kesimpulan Dan Saran	28
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		31
4.1	Gambaran Umum Perusahaan.....	31
4.2	Proses Operasi PLTU Unit 4 PT. PJB UP Gresik.....	34
4.3	Penggambaran Big Picture Mapping	37
4.3.1	Penggambaran Aliran Informasi Proses Operasi PT. PJB UP Gresik 37	
4.3.2	Penggambaran Aliran Fisik Proses Operasi PT. PJB UP Gresik	38
4.4	Pengukuran Kinerja Operasi	42
4.4.1	Pengukuran Kinerja Operasi PT. PJB UP Gresik.....	42
4.4.2	Perbandingan Target Pencapaian Kinerja Operasi	45
4.5	Penentuan Komponen Kritis.....	50
4.6	Identifikasi <i>Waste</i> Pada Aktifitas Operasi PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 4	51
BAB 5 ANALISA DAN INTERPRETASI DATA.....		53
5.1	Analisa <i>Waste</i> Aktivitas Operasi PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 4	53
5.2	Penilaian <i>Waste</i> Dengan Menggunakan Risk Priority Number (RPN) ..	58
BAB 6 REKOMENDASI		63
6.1	Alternatif Rekomendasi	63
6.1.1	Faktor subjektif.....	66
6.1.2	Faktor objektif	77
6.2	Pemilihan alternatif rekomendasi	86
6.3	Analisa alternatif rekomendasi terpilih.....	88
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN		91
7.1	Kesimpulan	91
7.2	Saran	92
DAFTAR PUSTAKA		93

Lampiran	95
Lampiran 1 Kinerja unit	95
Lampiran 2 Perhitungan dampak implementasi rekomendasi.....	99
Lampiran 3 Lembar pernyataan.....	101
Lampiran 4 Kuisisioner AHP	103

(Halaman ini Sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori <i>risk rating</i>	18
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu.....	24
Tabel 4. 1 Spesifikasi unit pembangkitan PT. PJB UP Gresik.....	32
Tabel 4. 2 Contoh kinerja operasi dari PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 4 tahun 2014.....	42
Tabel 4. 3 Kinerja operasi tiap semester tahun 2014	43
Tabel 4. 4 Perbandingan target dan kinerja operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4.....	45
Tabel 4. 5 Konversi <i>gap</i> menjadi nilai <i>losses</i>	47
Tabel 4. 6 rekapitan beban biaya <i>losses</i> tiap komponen	48
Tabel 4. 7 Jenis <i>waste</i> pada aktivitas operasi PLTU unit 4.....	51
Tabel 4. 8 Konversi dampak <i>waste</i> pada aktivitas operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4	52
Tabel 4. 9 Parameter penilaian <i>Likelihood</i>	58
Tabel 4. 10 Parameter penilaian <i>consequences</i>	59
Tabel 5. 1 RCA <i>waste Defect</i>	54
Tabel 5. 2 RCA <i>waste excessive processing</i>	56
Tabel 5. 3 Penilaian RPN aktivitas operasi PLTU unit 4.....	59
Tabel 5. 4 Klasifikasi risiko pada matriks risiko.....	61
Tabel 5. 5 Matriks risiko	61
Tabel 6. 1 Hubungan risiko dengan alternatif perbaikan.....	64
Tabel 6. 2 Rekap data kriteria rekomendasi.....	66
Tabel 6. 3 Rekap data alternatif rekomendasi	69
Tabel 6. 4 Faktor subjektif alternatif rekomendasi	77
Tabel 6. 5 Komponen biaya sertifikasi bahan bakar	79
Tabel 6. 6 Komponen biaya perawatan khusus pada <i>condensor</i>	80
Tabel 6. 7 Komponen biaya perawatan pada sistem <i>auxiliary</i>	81
Tabel 6. 8 Komponen biaya perawatan khusus pada turbin.....	83
Tabel 6. 9 Komponen biaya peremajaan komponen pembangkit.....	84

Tabel 6. 10 Faktor objektif alternatif rekomendasi	85
Tabel 6. 11 <i>Preference measure</i> alternatif rekomendasi	87
Tabel 6. 12 Peningkatan efisiensi PLTU unit 4.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik konsumsi tenaga listrik Indonesia (sumber : www.den.go.id)	1
Gambar 1. 2 Data kapasitas PT. PJB.....	2
Gambar 1. 3 Grafik NPHR PT. PJB UP Gresik (Sumber: annual report PT. PJB tahun 2012)	3
Gambar 1. 4 Kinerja PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 4 tahun 2014	4
Gambar 1. 5 Nilai tukar rupiah (sumber : Bank Indonesia, 2015).....	5
Gambar 1. 6 Contoh <i>pareto chart</i> (sumber : beefcutstudios.com).....	14
Gambar 2. 1 <i>Big Picture Mapping symbol</i> (sumber: www.miconleansixsigma.com)	13
Gambar 2. 2 Contoh <i>fishbone diagram</i> (sumber : www.leankaizen.co.uk).....	15
Gambar 2. 3 Contoh tabel 5 <i>whys</i> (sumber : tribiznetwork.com)	16
Gambar 2. 4 contoh <i>risk matrix</i> (sumber : (Standards Australia, 2004)	18
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian	29
Gambar 4. 1 Struktur organisasi PT. PJB UP Gresik.....	33
Gambar 4. 2 Diagram alir PLTU unit 3-4 Gresik	34
Gambar 4. 3 Diagram alir distribusi listrik	37
Gambar 4. 4 Alur informasi proses produksi PT. PJB UP Gresik	40
Gambar 4. 5 aliran fisik proses produksi PT. PJB UP Gresik	41
Gambar 4. 6 <i>pareto chart</i> komponen kritis.....	50
Gambar 6. 1 hubungan antara kriteria dan alternatif rekomendasi	65
Gambar 6. 2 <i>Input</i> data kriteria rekomendasi pada <i>software expert choice 2000</i>	67
Gambar 6. 3 <i>Output</i> bobot kriteria rekomendasi pada <i>software expert choice 2000</i>	68
Gambar 6. 4 Hasil kombinasi bobot kriteria rekomendasi pada <i>software expert choice 2000</i>	68
Gambar 6. 5 <i>Input</i> data alternatif rekomendasi Senior engineer operasi pada <i>software expert choice 2000</i>	73
Gambar 6. 6 <i>Input</i> data alternatif rekomendasi Supervisor senior rental op PLTU pada <i>software expert choice 2000</i>	73

Gambar 6. 7 <i>Input</i> data alternatif rekomendasi Supervisor senior system owner pada <i>software expert choice 2000</i>	74
Gambar 6. 8 <i>Output</i> bobot alternatif rekomendasi Senior engineer operasi pada <i>software expert choice 2000</i>	75
Gambar 6. 9 <i>Output</i> bobot alternatif rekomendasi Supervisor senior rental op PLTU pada <i>software expert choice 2000</i>	75
Gambar 6. 10 <i>Output</i> bobot alternatif rekomendasi Supervisor senior system owner pada <i>software expert choice 2000</i>	76
Gambar 6. 11 Hasil kombinasi bobot alternatif rekomendasi pada <i>software expert choice 2000</i>	76
Gambar 6. 12 <i>Cashflow</i> sertifikasi bahan bakar	79
Gambar 6. 13 <i>Cashflow</i> perawatan khusus pada <i>condensor</i>	80
Gambar 6. 14 <i>Cashflow</i> perawatan pada sistem <i>auxiliary</i>	82
Gambar 6. 15 <i>cashflow</i> perawatan khusus pada turbin	83
Gambar 6. 16 <i>Cashflow</i> peremajaan komponen pembangkit	84

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan dan asumsi yang diberikan pada penelitian serta sistematika penulisan

1.1 Latar Belakang

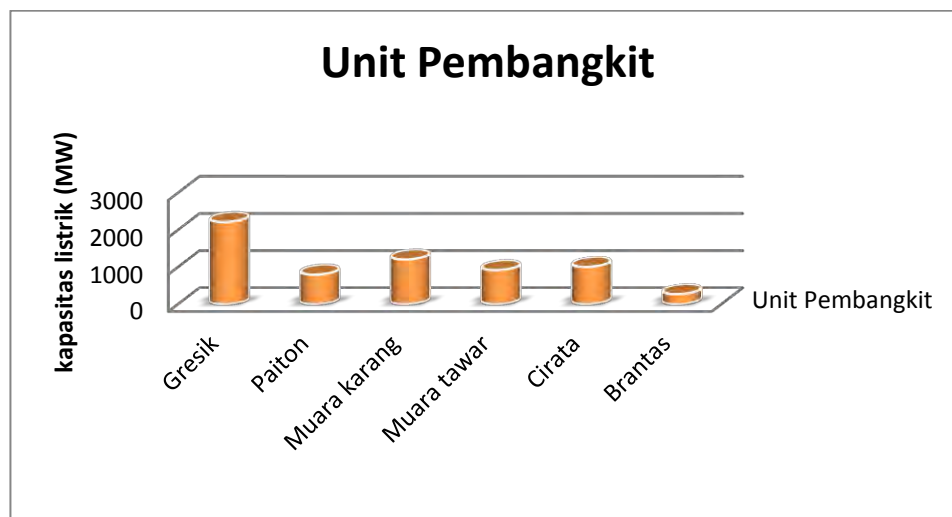
Listrik merupakan kebutuhan utama dalam menunjang kehidupan manusia dalam berbagai sektor. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki jumlah penduduk yang banyak. Pada tahun 2010 jumlah penduduk Indonesia mencapai 237 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2010). Jumlah penduduk Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat begitu pula dengan kebutuhan listrik. Kebutuhan akan energi listrik tidak hanya digunakan dalam aktivitas rumah tangga saja tetapi juga komersial, instansi, industri, dan sebagainya. Kebutuhan listrik Indonesia meningkat sebesar 8,4% per tahun, dalam memenuhi kebutuhan tersebut setiap tahun dibutuhkan pasokan listrik sekitar 5.700 Mega Watt (MW) (Today, 2014).



Gambar 1. 1 Grafik konsumsi tenaga listrik Indonesia (sumber : www.den.go.id)

Kebutuhan energi listrik Indonesia dipasok oleh salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yaitu PT. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN). PT. PLN merupakan perusahaan pemerintah yang bertanggung jawab dalam pemenuhan listrik nasional. Perusahaan ini berdiri pada tahun 1945 dan resmi menjadi penanggung jawab penyedia listrik Indonesia sejak tahun 1972 (PLN, 2011).

PT. PLN dalam memasok kebutuhan listrik Indonesia dibantu oleh beberapa perusahaan pembangkit baik swasta maupun BUMN. Perusahaan pembangkit listrik BUMN yang menyediakan listrik di Indonesia adalah PT. PJB. PT. PJB merupakan anak dari PT. PLN yang bertanggung jawab dalam pembangkitan energi listrik di Indonesia mulai tahun 1995. PT. PJB selain bergerak dalam pembangkitan energi listrik juga bergerak dalam *maintenance* peralatan pembangkit (PLN, 2011). PT. PJB dalam pemenuhan energi listrik dibantu oleh 6 unit pembangkit yang tersebar di beberapa tempat, yaitu Gresik, Paiton, Muara Karang, Muara Tawar, Cirata dan Brantas. Unit pembangkit yang dimiliki oleh PT. PJB menyediakan energi listrik yang dibutuhkan di pulau Jawa-Bali dan sekitarnya dengan total kapasitas 6.977 MW. Kapasitas pembangkit akan terus ditingkatkan menyusul target naiknya ekonomi masyarakat Indonesia.



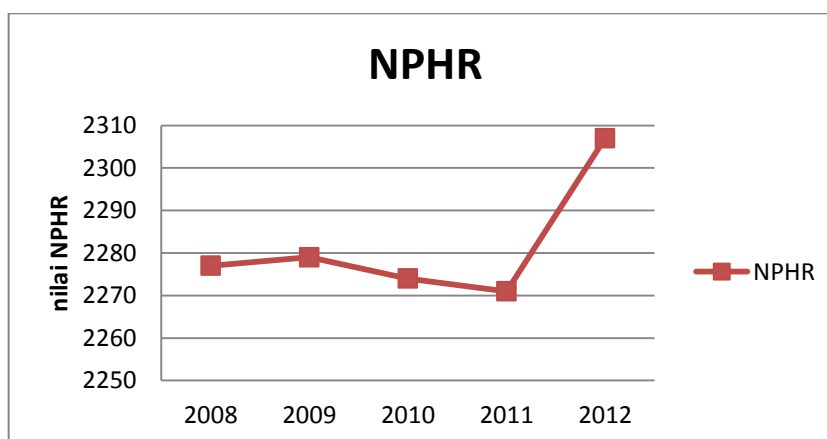
Gambar 1. 2 Data kapasitas PT. PJB

PT. PJB UP Gresik merupakan salah satu unit pembangkit yang dimiliki oleh PT. PJB. Kapasitas produksi listrik dari PT. PJB UP Gresik adalah yang

terbesar dari unit pembangkit lain, yaitu sekitar 2218 MW atau 35% dari total keseluruhan kapasitas yang dimiliki oleh PT. PJB. Kontribusi dari PT. PJB UP Gresik terhadap *supply* energi listrik nasional cukup besar jika dilihat dari kapasitas produksinya. PT. PJB UP Gresik memiliki 3 jenis pembangkit yaitu PLTU sejumlah 4 unit, PLTG sejumlah 2 unit, PLTGU sejumlah 3 unit. PLTU, PLTG, dan PLTGU menggunakan bahan bakar yang sama yaitu natural gas.

Kegiatan operasi dari PT. PJB UP Gresik menerapkan konsep *continuous improvement* yang juga diterapkan oleh unit pembangkit lain yang dimiliki oleh PT. PJB. Konsep ini merupakan konsep yang diterapkan untuk mendukung kegiatan produksi listrik dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik nasional. Penerapan konsep ini bertujuan untuk menekan biaya yang dikeluarkan pada saat produksi dan kegiatan operasional lainnya, sehingga performansi dari PT. PJB menjadi lebih efektif dan efisien.

Walaupun PT. PJB UP Gresik telah menerapkan konsep *continuous improvement*, kenyataannya kinerja PJB UP Gresik cenderung fluktuatif. Kinerja PT. PJB tersebut terlihat dari nilai *Nett Plant Heat Rate* (NPHR). NPHR menggambarkan tingkat efisiensi unit dan bernilai baik jika nilainya semakin kecil. Ada beberapa indikator yang dapat mempengaruhi nilai NPHR yaitu *operator controlable*, *unit controllable*, *boiler component* dan *turbine cycle component*.



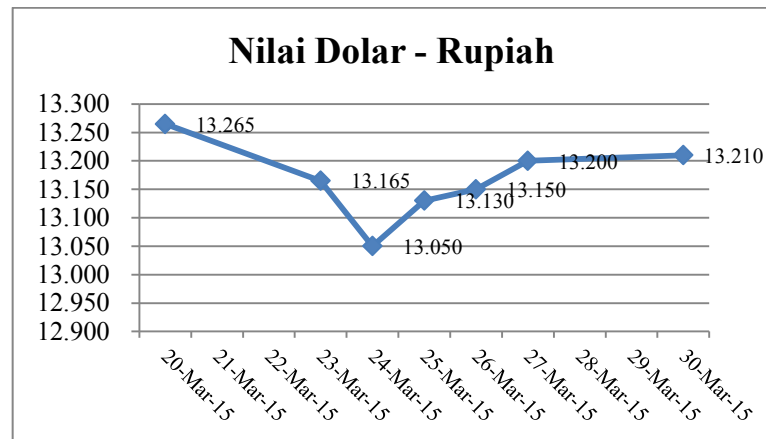
Gambar 1. 3 Grafik NPHR PT. PJB UP Gresik (Sumber: annual report PT. PJB tahun 2012)

Pada Gambar 1.3 menunjukkan bahwa nilai NPHR fluktuatif, sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja operasinya kurang efisien. Penyebabnya ada beberapa faktor yaitu jumlah pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak, banyaknya *losses* pada proses dan spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai. Faktor-faktor tersebut dapat mengakibatkan menurunnya performa PT. PJB UP Gresik.

	Data	Reference	Gap
Load, MW	175,07	175,07	0,00
Generator Output, kW	175073,55	175073,55	0,00
Flow Bahan Bakar (MFO), kg/h	0,00	0,00	0,00
Flow Bahan Bakar (NG), Nm ³ /h	39376,35	36838,02	2538,33
HHV NG, BTU/SCF	1046,65	1185,00	-138,35
Net Plant Heat Rate, kCal/kWh	2474,72	2364,55	110,17

Gambar 1. 4 Kinerja PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 4 tahun 2014

Pada gambar 1.4 dijelaskan tentang data kinerja PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 4. Data tersebut menunjukkan data eksisting dan target yang dimiliki oleh PT. PJB UP Gresik. terlihat bahwa nilai spesifikasi bahan dan *flow* bahan bakar kurang sesuai dengan target perusahaan. hal tersebut mempengaruhi nilai efisiensi operasi dari perusahaan. Nilai efisiensi sangat ditekankan karena bahan bakar yang digunakan oleh PT. PJB UP Gresik menggunakan natural gas. Natural gas dibeli dengan satuan mata uang dolar. Hal tersebut menjadi krusial karena nilai tukar rupiah yang semakin turun dan mencapai Rp 13.210/USD per 30 maret 2015 (Bank Indonesia, 2015). Melihat hal tersebut faktor efisiensi menjadi prioritas sehingga perusahaan dapat meminimasi biaya produksi.



Gambar 1. 5 Nilai tukar rupiah (sumber : Bank Indonesia, 2015)

Hal-hal yang kurang memberikan nilai tambah pada perusahaan disebut *waste*. *Waste* tersebut dapat memberikan dampak negatif pada perusahaan mulai dari pembengkakan biaya sampai kurang efisiennya kinerja perusahaan. Terdapat beberapa metode yang dapat mereduksi *waste* salah satunya yaitu *lean thinking*. *Lean thinking* merupakan sebuah cara berpikir, metode dan strategi untuk meningkatkan kinerja perusahaan dengan identifikasi dan eliminasi *waste*. *Waste* tersebut ada 9 macam yaitu E-DOWNTIME (EHS (*enviromental, health and safety*), *defect, waiting, non utilize employes, transportation, inventory, motion, excessive processing*). Pada aktivitas operasi *waste* berupa *flow* bahan bakar yang terlalu banyak, *derating* pada mesin atau *losses*, dan spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai. Karena banyaknya *waste* pada aktivitas operasi maka konsep *lean thinking* diterapkan sehingga akan meningkatkan kinerja dan efisiensi operasi PT. PJB UP Gresik.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ingin diselesaikan pada penelitian ini adalah bagaimana meningkatkan efisiensi operasi PT. PJB UP Gresik dengan pendekatan *lean thinking*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi *waste* dan penyebabnya pada aktivitas operasional PT. PJB UP Gresik.
2. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk mereduksi *waste*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada perusahaan terkait *waste* dan penyebabnya pada perusahaan.
2. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *waste* serta pengaruhnya terhadap perusahaan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian akan menjelaskan tentang batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4.
2. Penelitian difokuskan pada *waste* yang terjadi mulai dari *supplier* sampai distribusi listrik pada konsumen.
3. Data yang digunakan adalah data operasi tahun 2014.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak terjadi perubahan pada alur operasi pada saat penelitian dilaksanakan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terbagi dalam beberapa bab. Setiap babnya akan dibahas mengenai penelitian ini secara sistematis dan terperinci. Berikut ini merupakan sistematika penulisan yang dipergunakan dalam penelitian tugas akhir ini:

- a) BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas mengenai latar belakang penelitian, kemudian perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan-batasan yang digunakan, dan penggunaan asumsi yang diperlukan, serta sistematika penulisan penelitian tugas akhir.

b) **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini. Teori-teori tersebut digunakan sehingga dapat lebih memahami konsep yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu metode atau pendekatan terkait dengan penelitian juga dipaparkan dalam proposal penelitian tugas akhir ini.

c) **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang akan digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir ini. Metodologi ini menggambarkan alur pelaksanaan dan kerangka berpikir yang digunakan peneliti selama penelitian tugas akhir ini berlangsung.

d) **BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai profil perusahaan, proses produksi dan pengolahan data yang didapat dari penelitian.

e) **BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA**

Pada bab ini dilakukan analisa dari pengolahan data yang telah dilakukan untuk mengetahui akar permasalahan yang terjadi pada perusahaan dan mencari tingkat risiko dari masing-masing permasalahan

f) **BAB 6 REKOMENDASI**

Pada bab ini diberikan alternatif rekomendasi berdasarkan analisa risiko yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya, serta dilakukan pemilihan alternatif yang sesuai dengan permasalahan.

g) **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan serta rekomendasi untuk mengatasi permasalahan yang ada pada perusahaan serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini Sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang dipakai sebagai penguat dalam memahami konsep penelitian sehingga penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Tinjauan pustaka ini meliputi *lean thinking*, *waste*, *Big Picture Mapping*, *Root Cause Analysis*.

2.1 Energi Listrik

Energi listrik merupakan energi yang paling sering digunakan dan dibutuhkan untuk menjalankan suatu peralatan. Energi listrik biasanya dihasilkan oleh pembangkit listrik dengan beberapa sumber pembangkit antara lain air, bahan bakar minyak (BBM), batu bara, angin, panas bumi, gas alam dan lain-lain.

Energi listrik dihasilkan melewati beberapa proses, tapi secara umum dalam pembangkitan energi listrik melalui turbin yang digunakan sebagai pemutar lalu energi putar dari turbin digunakan untuk menghasilkan energi listrik pada generator. Listrik yang dihasilkan oleh generator tidak bisa langsung digunakan tetapi harus melalui proses penyesuaian daya didalam trafo yang selanjutnya listrik dapat digunakan. Energi listrik memiliki beberapa manfaat dalam kehidupan manusia, antara lain:

1. Sebagai sumber energi utama yang digunakan untuk menghidupkan berbagai peralatan rumah tangga dan juga perkantoran.
2. Sebagai sumber energi untuk penerangan disaat malam hari.
3. Dapat diubah menjadi beberapa bentuk energi seperti panas, cahaya, suara, dan lain-lain.

2.2 Konsep *Lean Thinking*

Lean thinking merupakan suatu upaya yang bertujuan untuk menghilangkan pemborosan dan dapat meningkatkan nilai tambah produk dengan cara meningkatkan rasio antara nilai tambah terhadap *waste* (Gaspersz, 2006). Menurut Womack dan Jones (2003) *lean* merupakan suatu cara untuk membuat pekerjaan jauh lebih memuaskan dengan cara menyediakan *feedback* pada upaya

mengkonversi *waste* yang ada menjadi *value*. Keuntungan yang dapat diperoleh dengan penerapan *lean* yaitu biaya produksi lebih rendah, meningkatnya *output* produksi, dan *lead time* produksi menjadi lebih pendek. Konsep *lean* dimulai di Jepang oleh Taichi Ono dan Sensei Shigeo Shingo, dimana implementasi dari konsep *lean* ini didasarkan pada 5 prinsip utama (Hines and Taylor, 2000) yaitu:

1. *Specify Value*

Menentukan kegiatan yang memberikan dan tidak memberikan nilai tambah (*added value*) dari suatu produk atau jasa berdasarkan perspektif konsumen.

2. *Identify whole value stream*

Mengidentifikasi tahapan-tahapan dari *value stream mapping* yang diperlukan mulai dari proses desain, pemesanan dan pembuatan produk untuk menemukan pembirisan yang tidak memiliki nilai tambah.

3. *Flow*

Melakukan aktivitas yang dapat menciptakan nilai tambah pada produk atau jasa tanpa adanya gangguan, *rework process*, aliran balik (*back flow*), *waiting*, dan *scrap* (sisa produksi).

4. *Pulled*

Mengetahui aktivitas-aktivitas penting yang dilakukan untuk membuat sesuai dengan permintaan konsumen.

5. *Perfection*

Berusaha mencapai kesempurnaan dengan cara eliminasi *waste* secara bertahap, sehingga *waste* yang ada dapat dieliminasi secara total pada proses produksi

2.3 **Waste**

Waste merupakan semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dalam pembuayan produk maupun jasa sehingga perlu dilakukan eliminasi dari proses produksi. terdapat banyak jenis *waste* yang sudah di kembangkan mulai dari 7 *waste*, 8 *waste* sampai 9 *waste*. *E-DOWNTIME* merupakan pengembangan dari 7 *waste* dengan penambahan EHS (*Energy, Health, Safety*) dan *non utilized*

employee. Menurut Vincent Gaspersz (2006) macam-macam E-DOWNTIME adalah sebagai berikut:

1. *Enviromental, Health and Safety* (EHS)

Jenis pemborosan yang terjadi karena kelalaian dalam memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan prinsip-prinsip EHS misalnya terkait dengan pemakaian alat keselamatan metode kerja yang digunakan

2. *Defect*

Jenis pemborosan yang terjadi karena adanya kecacatan atau kegagalan dari proses produksi sehingga menyebabkan produk tidak sesuai dengan spesifikasi produk yang ada.

3. *Overproduction*

Jenis pemborosan yang terjadi karena berlebihnya produksi dari perusahaan. hal tersebut terjadi karena perusahaan mengalami masalah kualitas dari produk yang dihasilkan sehingga melakukan produksi yang berlebih untuk mengantisipasi faktor tersebut.

4. *Waiting*

Jenis pemborosan ini merupakan proses menunggu antara proses satu dengan proses selanjutnya sehingga proses yang berikutnya bisa mengalami *starving* atau *blocking*. *Waste* ini bisa juga berupa ketidakaktifan dari pekerja, informasi, material atau produk dalam periode waktu yang cukup panjang dan juga menyebabkan *lead time* dari produksi menjadi tinggi.

5. *Non utilized employees knowledge*

Jenis pemborosan ini merupakan pemborosan yang berasal dari manusia atau pekerja. *Waste* ini terjadi karena kurangnya keterampilan, kemampuan dan pengetahuan dari pekerja atau penempatan tenaga kerja yang kurang sesuai dengan kemampuannya.

6. *Transportation*

Jenis pemborosan ini terjadi karena proses transportasi dari produk atau material yang terlalu panjang sepanjang *value stream*. *Waste* ini bisa terjadi karena *layout* pabrik yang kurang baik sehingga jarak tempuh antar proses satu dengan proses lainnya.

7. *Inventory*

Jenis pemborosan ini terjadi karena tingginya *inventory*/persediaan baik yang berbentuk material, WIP, atau produk jadi lebih dari yang dibutuhkan. Hal tersebut mengakibatkan tingginya *holding cost* dari produk.

8. *Motion*

Jenis pemborosan ini terjadi karena banyaknya gerakan yang tidak perlu sepanjang *value stream*. *Waste* ini lebih melihat dari kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk ataupun jasa.

9. *Excess Processing*

Jenis pemborosan yang terjadi langkah proses yang dilakukan melebihi *value stream*. Bentuk *waste* ini dapat berupa *rework* atau prosedur kerja yang tidak perlu dan mengakibatkan panjangnya *lead time*.

2.4 ***Big Picture Mapping***

Big Picture Mapping merupakan sebuah *tools* untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan serta *value stream* (aliran nilai) yang ada didalamnya dengan cara menggambarkan aliran material dan informasi serta menunjukkan *waste* yang ada didalamnya (Hines and Taylor, 2000).

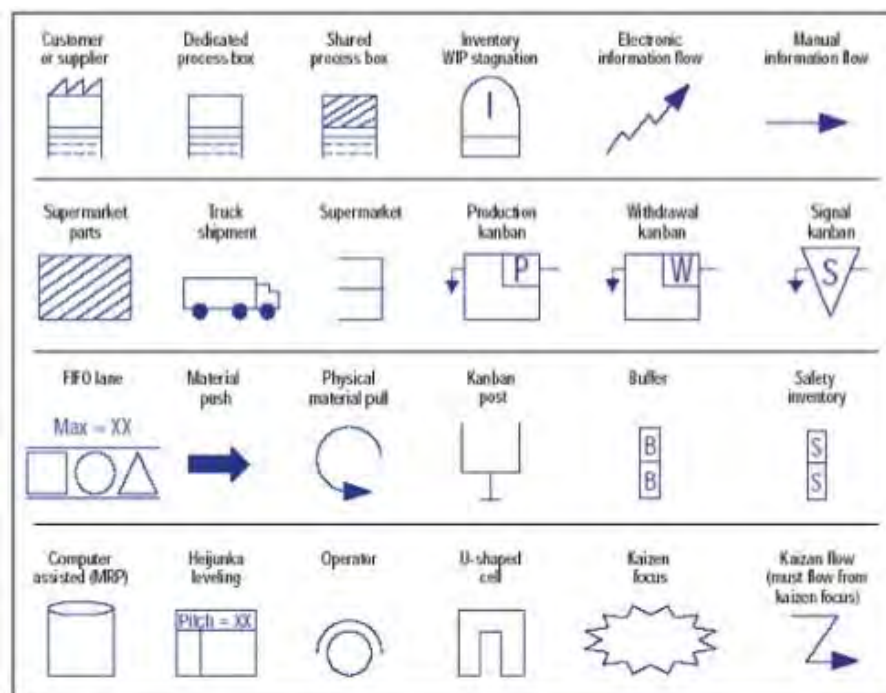
Ada lima fase menurut Hines dan Taylor (2000) yang dapat dilalui untuk menggambarkan sebuah *Big Picture Mapping* sebuah aktivitas yaitu:

1. Cari keinginan konsumen. Pada tahap inidulaukan identifikasi terhadap keinginan konsumen yang meliputi jumlah produk yang diminta, *lead time* produk, *part* yang dibutuhkan, dan sebagainya.
2. Gambarkan aliran informasi proses. Pada bagian ini didapatkan metode untuk menentukan jumlah produksi, dari segi jumlah dan juga waktu diperlukannya proses produksi.
3. Gambarkan aliran fisik. Pada bagian ini mulai digambarkan aliran material dari *supplier*, kemudian diproses di dalam perusahaan. Lama waktu yang dibutuhkan setiap aktivitasnya, jumlah produksi, jumlah tenaga kerja yang dilakukan, berapa waktu prosesnya ditentukan terlebih dahulu.
4. Hubungkan antara aliran informasi dan aliran fisik. Pada tahap ini mulai dilakukan identifikasi mengenai siapa yang berperan untuk menentukan

dan mengintruksikan proses, serta siapa yang berwenang ketika terjadi kesalahan-kesalahan di dalam proses.

5. Gambarkan peta akhir keseluruhan. Pada tahap ini gambarkan sebuah garis yang menunjukkan jumlah waktu yang dibutuhkan baik di *value added activity* maupun *non value added activity*.

Pada pembuatan *Big Picture Mapping* digunakan simbol - simbol yang menggambarkan material, sistem serta informasi yang ada di dalam suatu *value stream* sehingga dapat diidentifikasi aktivitas-aktivitas yang dilakukan didalam sistem.

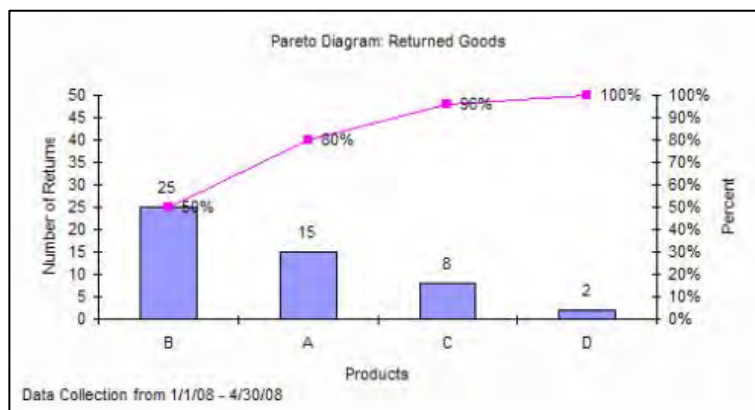


Gambar 2. 1 *Big Picture Mapping* symbol (sumber: www.miconleansixsigma.com)

2.5 *Pareto Chart*

Pareto chart adalah salah satu *tools* dalam upaya peningkatan kualitas. *pareto chart* digunakan mencari permasalahan yang paling berpengaruh. *Pareto chart* menggunakan prinsip 80:20 yang artinya 80% permasalahan disebabkan oleh 20% penyebab (Wedgwood, 2006). Proses penyusunan *pareto chart* melalui beberapa tahapan, yaitu:

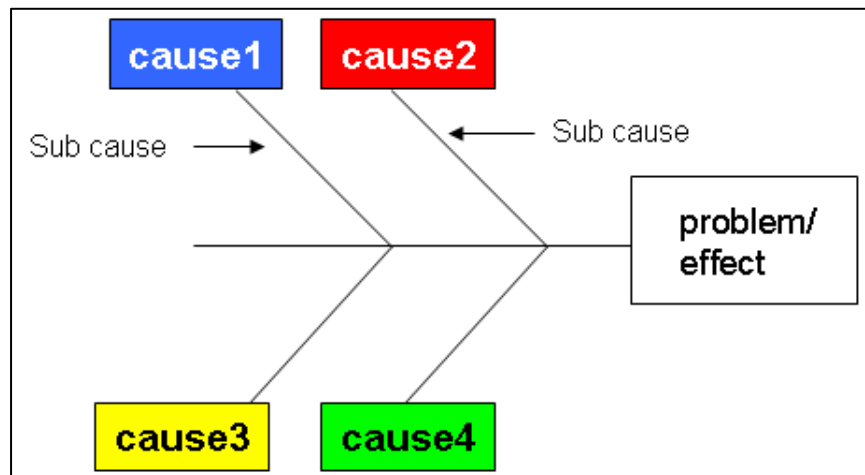
1. Kelompokkan masalah yang ada dan nyatakan setiap maslaah kedalam angka yang dapat terukur secara kuantitatif.
2. Mengatur masing-masing penyebab atau permasalahan yang ada sesuai pengelompokan yang pernah dibuat. Setelah itu, permasalahan diurutkan sesuai besarnya nilai dari masing-masing permasalahan. Penyebab dengan frekuensi terkecil diletakkan disebelah kanan.
3. Membuat tabel secara komulatif berdasarkan persentase dari masing-masing permasalahan.



Gambar 1. 6 Contoh *pareto chart* (sumber : beefcutstudios.com)

2.6 RCA (Root Cause Analysis)

Root cause analysis adalah sebuah proses yang dilakukan untuk menentukan akar penyebab dari permasalahan (Arthur, 2011). *Tools* yang digunakan dalam RCA dapat berupa *fishbone diagram*. Hasil dari *root cause analysis* adalah akar permasalahan dari masalah yang dihadapi yang selanjutnya dianalisa untuk mengetahui penyebab kritis dari permasalahan. Hasil dari RCA dapat dianalisa lebih lanjut dengan menggunakan FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) atau *perhitungan likelihood* dan *consequences*.



Gambar 2. 2 Contoh *fishbone diagram* (sumber : www.leankaizen.co.uk)

Tools lain yang dapat digunakan dalam RCA adalah metode *5whys*. Menurut Solidani (2004), metode *5whys* dapat digunakan untuk menentukan hubungan *cause-effect* dalam suatu permasalahan. Metode ini dilakukan dengan menanyakan *why* pertama dimulai dengan statement dari situasi yang terjadi dan menanyakan penyebab dari permasalahan tersebut setelah itu penyebab permasalahan dicari lagi penyebabnya dan seterusnya, biasanya sampai 5 *why* sudah diketahui akar penyebabnya. Wedgwood (2006) mengklasifikasikan *why* kedalam beberapa kelas yaitu

Why ke-1 : SymPT.om

Why ke-2 : Excuse

Why ke-3 : Blame

Why ke-4 : Cause

Why ke-5 : Root cause

Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
There is no computerized solution to handle job	→ There was staff resistance	→ They were not explained the full benefits of the	→ There was a lack of communication.	→ We assumed that the benefits were obvious.
		→ They feared being made redundant	→ They thought the computer system was designed to replace them.	→ Because we didn't tell them how it would help make their jobs easier.
		→ They were uncomfortable about changing the way they worked	→ They had always been doing it this way	→ All the work was done manually prior
			→ The positive aspects of the change were not communicated.	→ We assumed that the benefits were obvious.
There was no formal set of procedures to handle job requests, and procedures were passed on by mouth as opposed to being documented.	→ There was no system in place to do so.	→ The company grew at an exponential rate that there was no time to document anything.	→ There was insufficient planning	→ Top management were too busy fire fighting and dealing with operational work, rather than developing a strategy

Gambar 2. 3 Contoh tabel 5 whys (sumber : tribiznetwork.com)

2.7 Risiko

Djojosoedarso (1993) menjelaskan pengertian manajemen risiko adalah pelaksanaan fungsi manajemen yang digunakan untuk penanggulangan risiko. Tahapan dari manajemen risiko meliputi perencanaan, pengorganisirian, penyusunan dan penagawasan program penanggulangan risiko. Risiko pada dasarnya merupakan dampak negatif yang dapat memberikan kerugian pada suatu proyek atau suatu kegiatan, maka dari itu perlu adanya pengelolaan terhadap risiko tersebut.

Ada beberapa tahapan proses yang harus dilalui dalam pengelolaan risiko (Santosa, 2009) , yaitu:

1. Perencanaan manajemen risiko

Tahap ini merupakan tahap untuk memutuskan kegiatan manajemen risiko untuk suatu proyek.

2. Tahap Identifikasi risiko

Tahap ini merupakan proses pengenalan terhadap risiko yang terjadi dan diarahkan pada proses pengukuran serta pengelolaan yang tepat. Ada beberapa teknik yang dilakukan dalam mengumpulkan informasi terkait risiko (santosa, 2009) yaitu :

- *Brainstorming*
- *Interview*
- *Delphht technique*
- *checklist*

3. Tahap Analisis Risiko

Analisa risiko dilakukan untuk memilah risiko yang ada. Analisa dilakukan dengan 2 cara yaitu secara kualitatif dan kuantitatif. penggunaan masing-masing metode tergantung pada keadaan sistem, informasi risiko serta ketersediaan data.

1. Analisa kualitatif

Analisa kualitatif merupakan suatu proses dalam menilai dampak dan kemungkinan dari risiko yang sudah teridentifikasi. Analisa ini dilakukan dengan cara menyusun risiko berdasarkan pengaruhnya terhadap tujuan proyek. Analisa kualitatif terdiri dari beberapa cara (PMI, 2004), yaitu:

- Kemungkinan risiko dan dampak yang terjadi
- Matriks kemungkinan dan dampak
- *Risk data quality assessment*
- Kategorisasi risiko
- *Risk urgency assessment*

2. Analisa kuantitatif

Analisa kuantitatif merupakan proses menganalisa probabilitas secara numerik dari setiap risiko dan dampaknya terhadap tujuan proyek (Santosa, 2009). Analisa kuantitatif terdiri dari beberapa cara (PMI, 2004), yaitu:

- Interview
- Probability distribution
- Expert judgement

4. Tahap penilaian risiko

Pada tahap ini merupakan tahap untuk menilai masing-masing risiko yang ada berdasarkan tingkat probabilitas kejadian dan dampaknya terhadap tujuan. Menurut sumber dari AS/NZS 4360:2004 skala untuk *likelihood* dan *consequences* adalah:

1. likelihood

1. *Rare*
2. *Unlikely*
3. *Possible*
4. *Likely*
5. *Almost Certain*

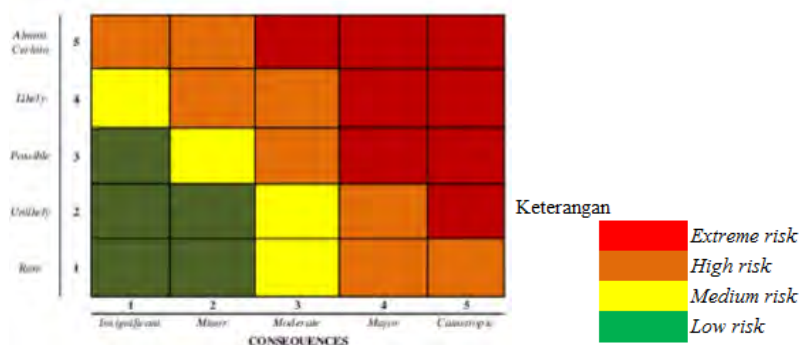
2. *Impact/consequences*

1. *Insignificant*
2. *Minor*
3. *Moderate*
4. *Major*
5. *Catastrophic*

Risiko yang sudah diberikan penilaian lalu dimasukkan kedalam *risk matrix* untuk menentukan risiko yang dihindari, ditangani dan diterima. penilaian tersebut akan berbeda antar perusahaan satu dengan yang lainnya. pada *risk matrix* risiko terbagi dalam 4 kuadran yaitu risiko kecil (low risk), risiko sedang (moderate risk), risiko tinggi (high risk), risiko sangat tinggi (very high risk).

Tabel 2. 1 Kategori *risk rating*

Warna	Kategori risiko	Penanganan
	<i>Very high risk</i>	<i>Intermediate action required</i>
	<i>High risk</i>	<i>Senior executive management attention needed</i>
	<i>Moderate risk</i>	<i>Management responsibility must be specified</i>
	<i>Low risk</i>	<i>Manage by routine procedures</i>



Gambar 2. 4 contoh *risk matrix* (sumber : (Standards Australia, 2004)

5. Tahap Penanganan Risiko (*Treating The Risk*)

Pada tahap ini merupakan tahap pemberian respon terhadap risiko ada berdasarkan penilaian yang sudah dibuat dan disusun didalam *risk matrix*. Respon risiko merupakan proses untuk meminimalisir tingkat risiko sampai pada batas dimana risiko dapat diterima. Terdapat beberapa teknik dalam menangani risiko (santosa, 2009) yaitu:

1. Menghindari risiko
 2. Reduksi risiko (mitigasi)
 3. Menerima risiko
 4. Transfer risiko
6. Memonitor dan mereview

Pada tahap ini merupakan tahap kontrolling dengan memonitor efektifitas setiap tahapan dari manajemen risiko, dimana hal ini diperlukan untuk melakukan perbaikan yang berkelanjutan. Risiko dan efektifitas pengukurannya harus dimonitor untuk memastikan perubahan keadaan tidak merubah prioritas. Dokumentasi setiap tahapan perlu dilakukan untuk digunakan sebagai dasar pada perbaikan selanjutnya.

2.8 AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang menguraikan multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Hirarki merupakan suatu presentasi dari sebuah permasalahan yang kompleks kedalam suatu struktur multi level. Level pertama adalah tujuan dari sistem yang selanjutnya diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya hingga level terakhir dari alternatif (Saaty, 1993). Hirarki berguna untuk menguraikan permasalahan yang kompleks dengan mengelompokkannya kedalam suatu struktur hirarki sehingga permasalahan akan terlihat lebih terstruktur dan sistematis.

Menurut Saaty (1993) kelebihan dari *Analytic hierarchy process* (AHP) adalah sebagai berikut:

1. Kesatuan (*unity*)

Permasalahan yang luas dan tidak terstruktur menjadi suatu model yang fleksibel dan mudah dipahami dengan menggunakan AHP

2. Kompleksitas (*complexity*)

AHP memecahkan permasalahan yang kompleks dengan pendekatan sistem dan integrasi.

3. Saling ketergantungan (*interdependence*)

AHP dapat digunakan pada elemen sistem yang bebas dan independen.

4. Pengukuran (*measurement*)

Terdapat skala pengukuran dan metode disediakan oleh AHP yang dapat digunakan untuk mendapatkan proiritas.

5. Struktur hirarki (*hierarchy structuring*)

AHP mengelompokkan elemen sitem ke dalam level-level yang berbeda dari masing-masing level berisi elemen yang serupa.

6. Trade off

AHP dapat mempertimbangkan prioritas relatif faktor-faktor pada sistem sehingga *decission maker* mampu memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan.

7. Penilaian dan konsensus (*judgment and consensus*)

Tidak hasus ada suatu konsensus dalam AHP tapi menggabungkan hasil penilaian yang berbeda.

8. Sintesis (*synthesis*)

AHP dapat mengarahkan pada perkiraan keseluruhan mengenai prioritas dari masing-masing alternatif.

9. Pengulangan proses (*process repetition*)

AHP dapat membuat orang menyaring definisi sautu permasalahan lalu mengembangkan penilaian dan pengertian mereka melalui proses pengulangan.

10. Konsistensi (*consistency*)

AHP mempertimbangkan konsistensi dalam penilaian yang digunakan untuk menentukan prioritas.

2.9 Brown-Gibson Method

Brown-Gibson *method* merupakan salah satu teknik dalam memilih suatu alternatif. model pendekatan yang dikembangkan oleh Brown dan Bibson ini memilih alternatif rekomendasi berdasarkan ukuran preferensi tertentu dengan juga mempertimbangkan faktor objektif (Kuantitatif) dan faktor subjektif (kualitatif) (Anityasari & Wessiani, 2011).

Faktor objektif didapatkan dengan rumus:

$$OF_i = (C_i \sum (1/C_i))^{-1} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 1)}$$

Ket : OF_i = faktor objektif rekomendasi ke i

C_i = biaya rekomendasi ke i

Faktor subjektif didapatkan dengan rumus:

$$SF_i = w_1 * R_{i1} + w_2 * R_{i2} + \dots + w_n * R_{in} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2)}$$

Ket: SF_i = Faktor subjektif rekmoendasi ke i

R_{in} = Nilai rekomendasi i pada kriteria ke n

w_n = Bobot dari kriteria n

Pada rumus faktor objektif menggunakan *cost based*. Jika menggunakan *profit based* maka persamaan tersebut dikalikan dengan minus satu (-1).

Faktor subjektif dan faktor objektif dikombinasikan untuk mendapatkan *preference measure* (PM) dengan menggunakan rumus:

$$PM_i = (k * OF_i) + ((1-k) * SF_i) \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3)}$$

Ket: PM = *Preference measure* untuk rekomendasi i

K = Preference index

2.10 Net Present Value (NPV)

Net present value (NPV) merupakan selisih antara nilai sekarang (*present value*) dari suatu investasi dengan penerimaan-penerimaan kas bersih dari masa yang akan datang. Nilai bunga ditentukan terlebih dahulu sebelum dilakukan perhitungan *present value*. Jika nilai NPV lebih besar dari pada nilai investasi sekarang maka nilai investasi dianggap *feasible*. NPV dihitung dengan rumus (Pujawan, 2009):

$$NPV = \sum F (1+i)^{-n} \dots\dots\dots (Persamaan 4)$$

Ket : NPV = *net present value*

F = *future worth*(nilai mendatang)

i = tingkat bunga efektif

2.11 Penelitian Terdahulu

Lean merupakan suatu pendekatan metode dalam peningkatan kualitas yang berfokus pada identifikasi *waste* dan eliminasi *waste*. *Waste* yang diidentifikasi ada beberapa macam mulai dari 7 *waste*, 8 *waste* sampai 9 *waste*. Identifikasi *waste* yang paling sering digunakan adalah 9 *waste* atau biasa disebut E-DOWNTIME (EHS (*Enviromental, Healthy, safety*), *Defect, Overproduction, Waiting, Non Utilize employes, Transportation, Inventory, Motion, Excessive processing*).

Beberapa penelitian sudah dilakukan dengan menggunakan metode *lean* untuk meningkatkan kinerja perusahaan baik itu perusahaan manufaktur, jasa dan energi. Pada perusahaan pembangkit energi listrik pernah diterapkan metodologi *lean* pada aktivitas pemeliharaan yang dilakukan oleh Nugraha (2012). Penelitian tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi *waste* yang ada pada aktivitas pemeliharaan sehingga dapat meningkatkan kinerja perusahaan dengan mengurangi *cost* dan *lead time* pemeliharaan.

Penelitian selanjutnya yaitu evaluasi penerapan *lean* pada perusahaan berdasarkan perubahan biaya produksi yang dilakukan oleh Dewi (2009). Pada penelitian tersebut dilakukan evaluasi penerapan *lean* yang dilakukan oleh perusahaan dengan membandingkan biaya eksisting dengan target perusahaan.

Penelitian selanjutnya merupakan penelitian mengenai efisiensi yang dilakukan di perusahaan pembangkit dengan menggunakan *Data Envelopment Analysis* (DEA) yang dilakukan oleh Prasthanika (2008). Pada penelitian ini dilakukan perbandingan efisiensi antar unit pembangkit dan mencari faktor yang mempengaruhi perbedaan efisiensi antar unit pembangkit.

Penelitian tentang evaluasi kinerja perusahaan pembangkit dengan konsep *lean* muncul untuk memberikan kontribusi berupa peningkatan efisiensi

perusahaan pembangkit dari segi operasi pembangkitan energi listrik. Identifikasi *waste* dan mereduksinya serta memberikan solusi untuk peningkatan kinerja dilakukan sehingga kinerja dari unit pembangkit menjadi lebih efektif dan efisien.

Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu

No	Penelitian	<i>Lean</i>	Efisiensi	DEA	Evaluasi <i>Lean</i>	Identifikasi <i>Waste</i>	AHP	Keterangan
1	IMPLEMENTASI KONSEP LEAN PADA AKTIVITAS PERAWATAN DI PT. PJB UP GRESIK. Nugraha (2012)	V				V		permasalahan ada pada aktivitas pemeliharaan yang kurang efektif karena terdapat <i>waste</i> pada beberapa aktivitas pemeliharaan
2	EVALUASI HASIL IMPLEMENTASI LEAN PRODUCTION DENGAN PENDEKATAN COST-TIME PROFILE DI PT.. ECCO INDONESIA. Dewi Hardiningtyas (2009)	V			V	V		mengevaluasi penerapan lean dengan membandingkan biaya eksisting dengan target perusahaan.
3	ANALISA EFISIENSI UNIT PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) (STUDI KASUS: PT. PJB GRESIK) Prasthanika (2008)		V	V				menganalisa efisiensi unit dengan membandingkan dengan unit lain dan mencari faktor yang mempengaruhi perbedaan efisiensi antar unit.

No	Penelitian	<i>Lean</i>	Efisiensi	DEA	Evaluasi <i>Lean</i>	Identifikasi <i>Waste</i>	AHP	Keterangan
4	EVALUASI KINERJA OPERASI PT. PJB UP GRESIK DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN <i>LEAN THINKING</i> (Studi Kasus : PLTU Unit 4 PT. PJB UP Gresik). Muchtarul Faisol (2015)	V	V			V	v	mengevaluasi kinerja operasi dengan membandingkan kinerja dengan target perusahaan dan melakukan analisa <i>waste</i> yang mempengaruhi efisiensi serta memberikan rekomendasi berdasarkan risiko dari masing-masing <i>waste</i>

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang kerangka berpikir yang dipakai dan langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini yang selanjutnya akan dilakukan pembahasan pada permasalahan yang ada sehingga dapat diberikan kesimpulan dan rekomendasi dari penelitian tugas akhir. Langkah-langkah penelitian akan diuraikan pada pembahasan berikut:

3.1 Tahap Identifikasi

Pada tahap identifikasi ini merupakan tahap awal penelitian. Tahap ini terdiri dari beberapa langkah yaitu pengidentifikasian permasalahan yang ada di perusahaan, selanjutnya perumusan permasalahan yang akan diteliti, tujuan dari penelitian, batasan dan asumsi yang digunakan serta penelusuran terkait landasan teori dan pemahaman terkait kondisi *real* perusahaan.

3.1.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan diskusi dan *brainstorming* dengan perusahaan terkait kondisi perusahaan dan kegiatan operasional yang ada didalamnya. Tahapan ini menjadi dasar bagi peneliti dalam menentukan topik dan juga permasalahan yang akan diteliti.

3.1.2 Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Permasalahan yang didapat setelah melakukan *brainstorming* dan diskusi dengan perusahaan dirumuskan fokus permasalahan dan menetapkan tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian.

3.1.3 Studi Pustaka dan Studi Lapangan

Pada tahap ini peneliti melakukan penelusuran terkait teori-teori yang bersumber dari buku, jurnal, penelitian sebelumnya dan sebagainya sehingga dapat membentuk kerangka berpikir dan memiliki landasan teori ilmiah untuk melakukan penelitian.

Studi lapangan juga dilakukan sehingga peneliti dapat lebih memahami terkait kondisi eksisting perusahaan, aliran informasi dan sebagainya serta

melakukan identifikasi data yang dibutuhkan dari perusahaan demi kepentingan penelitian.

3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

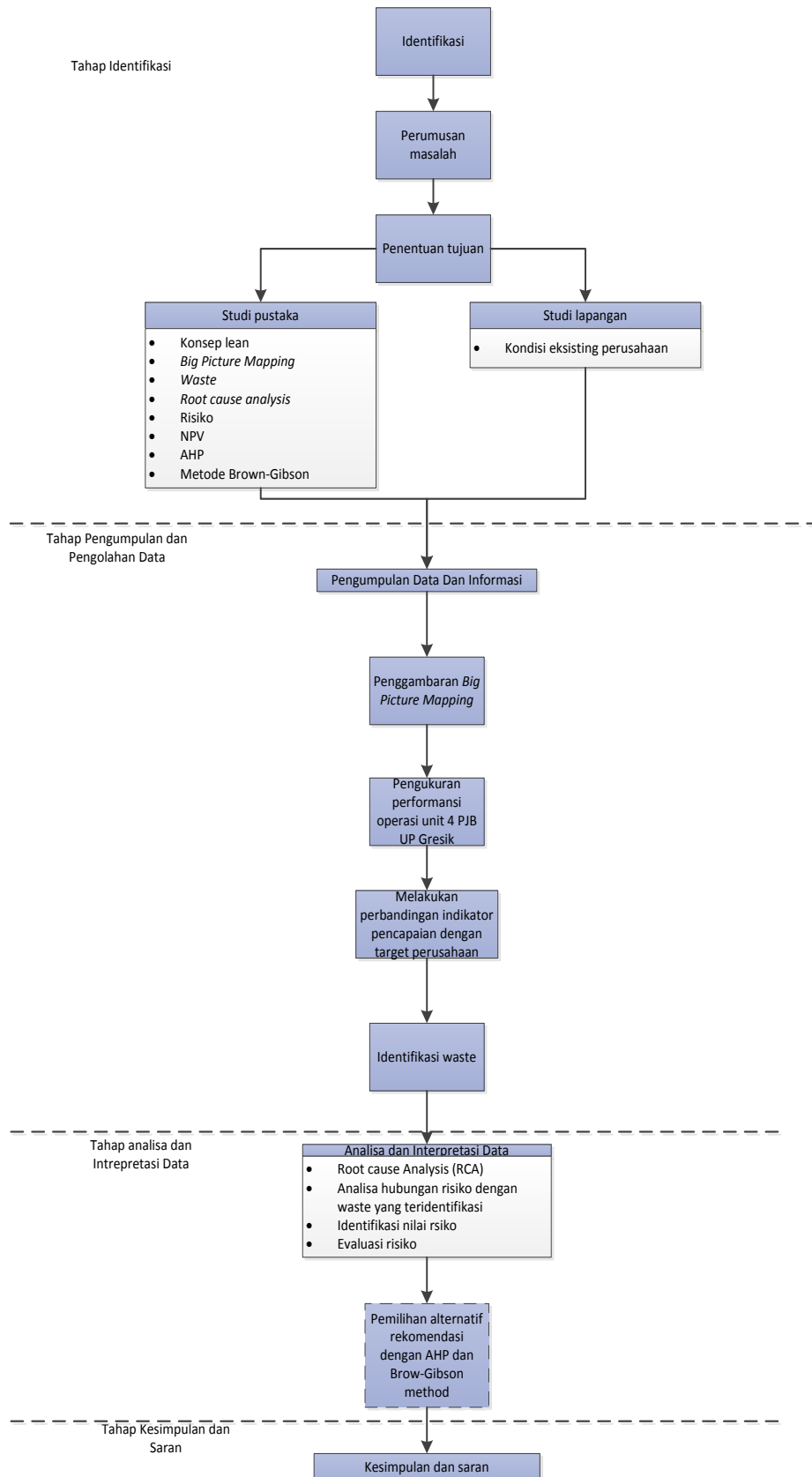
Pada tahap ini merupakan tahap pengumpulan dan pengolahan data yang didapat pada saat melakukan penelitian. Data yang dibutuhkan dibagi menjadi 2 jenis yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif berupa data *waste* dan akar penyebabnya dari produksi listrik. Data kualitatif ini dapat diperoleh melalui diskusi atau meminta pada analis yang bertugas dalam pengidentifikasian permasalahan produksi dalam perusahaan. Data kuantitatif merupakan data historis perusahaan seperti *output* produksi, performansi, keadaan mesin dan sebagainya. Data yang sudah didapat dengan menggambarkan kondisi perusahaan dengan *big picture mapping* lalu mengukur kinerja unit dan membandingkannya dengan target perusahaan. setelah itu dilakukan identifikasi *waste* yang ada didalam perusahaan.

3.3 Tahap Analisa dan Interpretasi Data

Pada tahap ini data yang sudah diolah dianalisa dengan menggunakan RCA untuk mengetahui akar permasalahannya. Selanjutnya permasalahan dicari risiko berdasarkan nilai *likelihood* dan *consequences* dan diberikan peringkat yang selanjutnya dianalisa untuk mengetahui risiko yang memiliki dampak yang besar dan kecil. Selanjutnya diberikan beberapa alternatif rekomendasi untuk resiko yang ada dengan mempertimbangkan kriteria yang ada menggunakan AHP. Alternatif yang terpilih divalidasi terkait dampaknya terhadap perusahaan.

3.4 Tahap Kesimpulan Dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan yang berisi penjelasan terhadap keseluruhan proses penelitian yang dijalani dan diberikan saran berupa rekomendasi terhadap perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya sebagai tindak lanjut penelitian ini sehingga penelitian lanjutan tersebut dapat melengkapi kekurangan dari penelitian ini



Gambar 3. 1 *Flowchart* penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data dan pengolahan pada data yang telah dikumpulkan. Data yang dikumpulkan berupa data kualitatif dan data kuantitatif. data kualitatif berupa informasi yang didapatkan dari gambaran umum perusahaan, aktivitas operasi yang dilakukan di unit 4 PT. PJB UP Gresik dan informasi kualitatif lainnya. sedangkan data kuantitatif berupa data yang dikumpulkan berupa data kinerja perusahaan, dan data kuantitatif lainnya. semua data tersebut akan diolah untuk menemukan komponen kritis dan *waste* yang akan ditangani sehingga dapat meningkatkan kinerja unit 4 PT. PJB UP Gresik.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

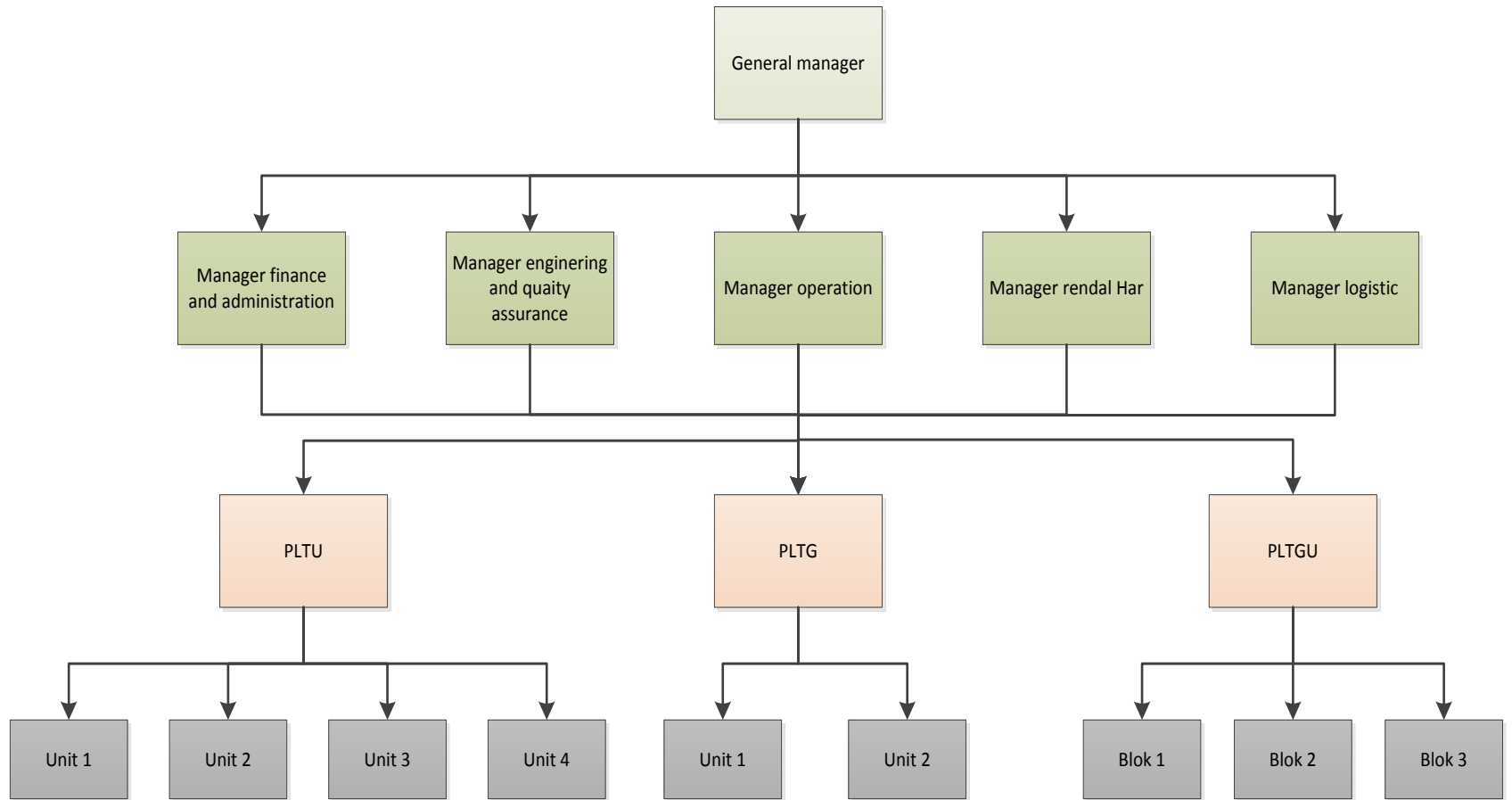
PT. PJB UP Gresik merupakan salah satu anak usaha dari PT. PLN yang bergerak dalam bidang pembangkitan energi listrik yang akan menyuplai sebagian besar daerah di Jawa-Bali dan pulau disekitarnya. PT. PJB U Gresik didirikan pada tahun 1978 dimana pada saat itu masih menjadi bagian dari PLN Wilayah XII. Pada tahun 1982, PT. PJB UP Gresik bermigrasi menjadi Sektor Gresik PLN Pembangkitan Dan Penyaluran Jawa Bagian Timur dan Bali. Kemudian tahun 1995, Sektor Gresik menjadi bagian dalam PT. PLN PJB II. Pada tahun 1997 nama Sektor Gresik diganti menjadi Unit Pembangkitan tetapi masih menjadi bagian dari PT. PLN PJB II. Akhirnya pada tahun 1998 namanya dirubah menjadi PT. PJB Unit Pembangkit Gresik sampai sekarang.

PT. PJB UP Gresik memiliki kapasitas produksi listrik sebesar 2218 MW dan terdiri dari 3 jenis pembangkitan yaitu, PLTU (pembangkit listrik tenaga uap), PLTG (pembangkit listrik tenaga gas), dan PLTGU (pembangkit listrik tenaga gas dan uap). Berikut merupakan spesifikasi dari 3 jenis pembangkitan di PT. PJB UP Gresik.

Tabel 4. 1 Spesifikasi unit pembangkitan PT. PJB UP Gresik

Jenis Pembangkit	Unit	Kapasitas (MW)	Bahan Bakar
PLTU	1	100	MFO/Gas
	2	100	MFO/Gas
	3	200	MFO/Gas
	4	200	MFO/Gas
PLTG	1	20	HSD/Gas
	2	20	HSD/Gas
PLTGU	1	526	Gas/HSD
	2	526	Gas/HSD
	3	526	Gas/HSD
Jumlah		2218	

Penelitian ini dilakukan pada unit 4 PLTU PT. PJB UP Gresik yang memiliki kapasitas produksi energi listrik sebesar 200 MW. berikut merupakan struktur organisasi dari PT. PJB UP Gresik

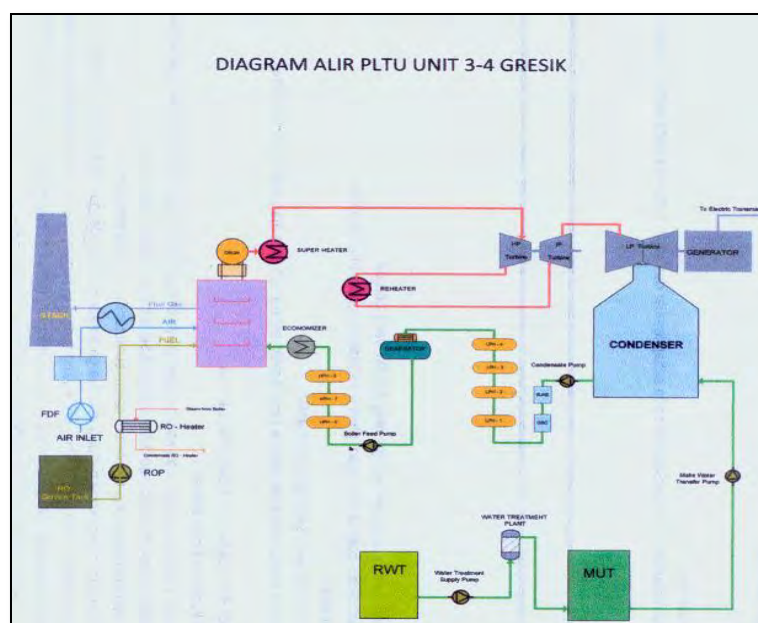


Gambar 4. 1 Struktur organisasi PT. PJB UP Gresik

Pada gambar 4.1 menjelaskan posisi unit 4 berada dalam pengawasan 5 Divisi yaitu Divisi *Engineering and Quality Assurance*, Divisi *Operation*, Divisi Rendal Har, Divisi *Logistic* dan Divisi *Finance and Administration*. Divisi rendal hal bertugas dalam perencanaan, pengendalian dan pemeliharaan, sementara untuk eksekusi pemeliharaan dilakukan oleh divisi *engineering and quality assurance*. Divisi *operation* dan divisi *logistic* melakukan pengawasan terhadap proses produksi, pengadaan dan perencanaan logistik. Sedangkan, keuangan dan administrasi perusahaan dibawah pengawasan *finance and administration*.

4.2 Proses Operasi PLTU Unit 4 PT. PJB UP Gresik

Proses operasi pembangkit listrik pada unit 4 PLTU PJB UP Gresik dilakukan 2 jenis mesin yang pertama yaitu mesin utama dan *auxiliary*. Mesin utama yang digunakan dalam pembangkitan adalah boiler, turbin dan generator. Sedangkan mesin lain dalam proses pembangkitan listrik masuk dalam kategori *auxiliary*. Bahan baku yang digunakan dalam aktivitas pembangkit energi listrik adalah *natural gas*, air dan api. Natural gas digunakan untuk bahan bakar pada boiler, air digunakan untuk menghasilkan uap yang akan dipakai untuk memutar turbin dan generator sedangkan api untuk membakar *natural gas*.



Gambar 4. 2 Diagram alir PLTU unit 3-4 Gresik

Proses operasi dimulai dengan injeksi *natural gas*. *Natural gas* digunakan untuk memanaskan ruang *furnace* dalam *boiler*. *natural gas* di supply dari kapal tangker lalu ditampung dalam *storagetank*. *Natural gas* yang ada di dalam *storagetank* di injeksikan ke *boiler*. *gas* hasil pemanas dalam *economiser* disalurkan ke pemanas udara awal yang sebagian akan disalurkan ke kipas injeksi *gas* dan yang lainnya akan dibuang dengan keluar dengan menggunakan cerobong. *Gas* yang akan digunakan dalam pemanasan *boiler* didapatkan dari udara bebas dengan menggunakan *fan*.

Air laut yang akan digunakan dalam aktivitas pembangkitan energi listrik diolah terlebih dahulu. Air laut dipompa terlebih dahulu lalu diproses didalam *desalination plant* untuk mengubah air laut menjadi air tawar. Hasil dari proses ini ditampung dalam *Raw Water Treatment Plant* (RWT). Air yang ada pada RWT diolah didalam *water treatment plant* untuk menghilangkan mineral yang dapat menyebabkan korosi dan kerak pada permukaan *boiler* seperti zat garam, oksigen dan lain-lain. Kerak dan korosi pada permukaan dinding pipa *boiler* akan menyebabkan *overheating*. *Overheating* pada pipa *boiler* akan membuat pipa *boiler* cepat rusak dan mengalami kebocoran. Air yang sudah diproses pada *Water Treatment Plant* disebut *make up water* dan akan disimpan dalam *make up water tank*.

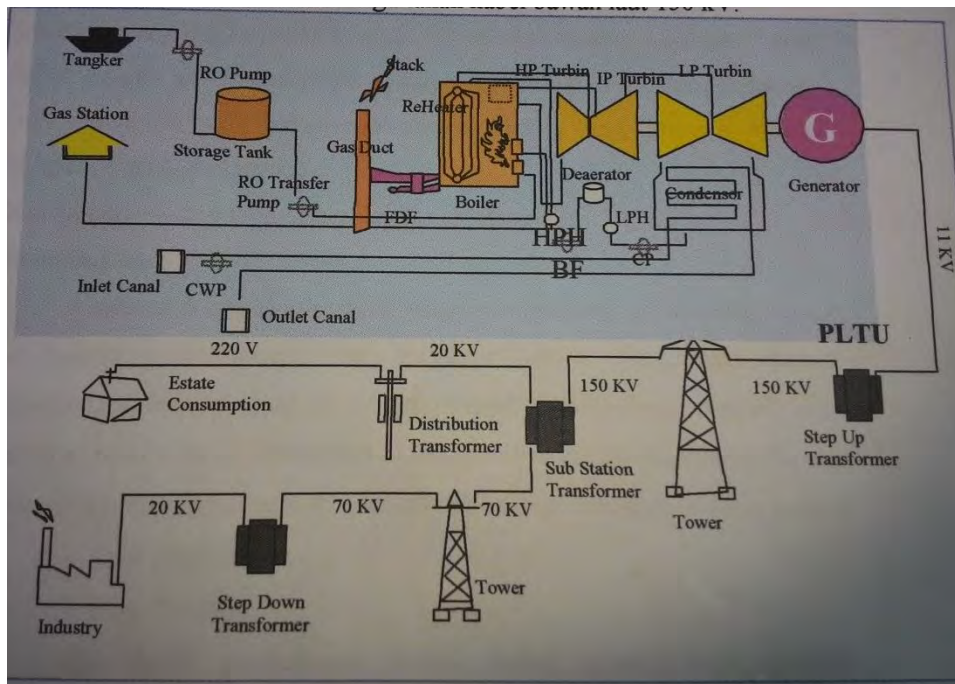
Make up water dipompa melalui *condensor* dengan menggunakan *condensate pump* menuju *Low Pressure Heater* (LPH). Pada LPH air dipanaskan dengan kondisi yang berbeda-beda dengan empat tingkatan suhu. *Make up water* yang keluar dari LPH masuk kedalam *deaerator*. *Deaerator* akan mengurangi udara *make up water* kemudian dipompa oleh *Boiler Feed Pump* (BFP). BFP akan mengalirkan air tersebut kedalam *High Pressure Heater* (HPH).

Feedwater akan dipanaskan di dalam *economizer* untuk mendapatkan temperatur uap jenuh. Fluida pemanas *economizer* dimasukkan kedalam *steam drum* dan terjadi pemisahan uap dan air. Air yang keluar dari *steam drum* disalurkan kedalam *water walls* sehingga mendapatkan pemanasan. Sedangkan uap akan dipanaskan kedalam *super heater* sehingga uap mencapai kondisi uap kering dengan temperatur yang dikehendaki oleh turbin. Uap kering merupakan uap yang tidak memiliki kadar air.

Uap yang diperlukan dalam aktivitas operasi dipengaruhi oleh besar dan kecilnya beban. Jika beban yang ingin dihasilkan tinggi maka jumlah uap yang diperlukan juga semakin banyak dan sebaliknya jika beban yang ingin dihasilkan sedikit maka uap yang dibutuhkan akan semakin sedikit. Uap yang masuk kedalam turbin diatur oleh *control valve* yang bekerja otomatis sesuai dengan generator listrik. *Load limiter* dan *governor* juga dibutuhkan saat beban mengalami naik turun. *Load limiter* berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan beban. Sedangkan *governor* berfungsi untuk menjaga kecepatan turbin tetap sesuai dengan perubahan beban.

Pada saat putaran turbin yang dipakai untuk memutar generator mengalami perubahan kecepatan ketika adanya perubahan beban, maka frekuensi listrik yang terjadi juga akan berubah. Sehingga, jika beban bertambah mengakibatkan putaran turbin turun, maka *governor* yang dikopling dengan poros turbin memberikan reaksi berupa sinyal yang dikirimkan melalui alat penguat kutub pengatur turbin untuk menambah *supply* uap sehingga putaran poros turbin dapat terjaga dan frekuensinya menjadi konstan.

Tegangan yang dihasilkan oleh generator sebesar 11 KV lalu dinaikkan menjadi 150 KV melalui *transformator* utama untuk kebutuhan transmisi tenaga listrik. Sedangkan untuk pemakaian sendiri, *station service* tegangan terminal generator 25 KV diturunkan menjadi 4,6 KV.



Gambar 4. 3 Diagram alir distribusi listrik

Proses pendistribusian energi listrik dari PT. PJB UP Gresik dibagi menjadi 2 jalur. Jalur pertama menuju kawasan industri dan jalur kedua menuju rumah tangga. Pada jalur pertama listrik dari PLTU yang memiliki daya tinggi yaitu sebesar 150 KV diturunkan dengan menggunakan *step down transformer* sehingga daya tersebut berkurang menjadi 20 KV yang selanjutnya akan digunakan oleh industri dalam menjalankan aktivitas produksinya. Pada jalur kedua listrik dari PLTU diturunkan dengan menggunakan *distribution transformer* sehingga listrik yang keluar sebesar 220 V sehingga dapat digunakan oleh rumah tangga.

4.3 Penggambaran Big Picture Mapping

Penggambaran *Big Picture Mapping* pada PT. PJB UP Gresik digunakan untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan serta *value stream* (aliran nilai) yang ada didalamnya dengan cara menggambarkan aliran material dan informasi serta menunjukkan *waste*.

4.3.1 Penggambaran Aliran Informasi Proses Operasi PT. PJB UP Gresik

Berdasarkan hasil pengamatan, kondisi eksisting aliran informasi pada proses operasi PT. PJB UP Gresik adalah sebagai berikut:

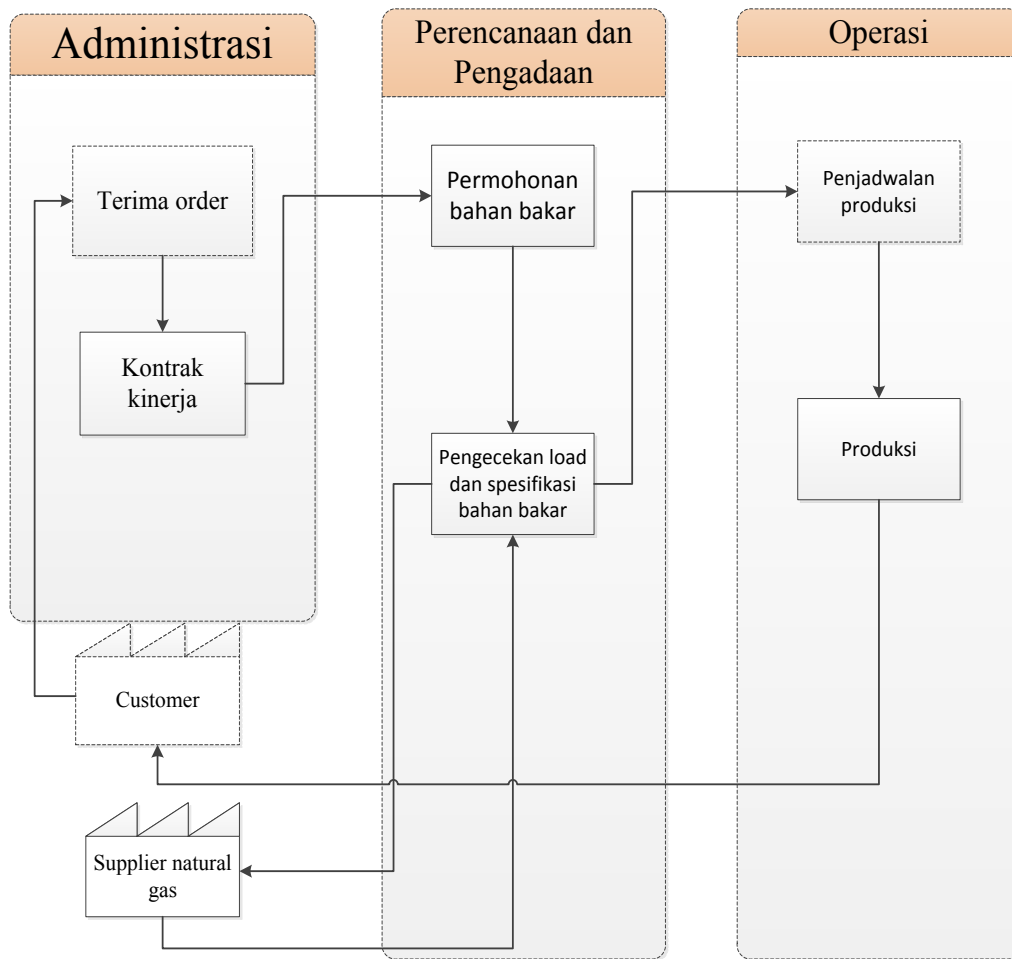
1. Aliran informasi dimulai dari permintaan konsumen dalam hal ini adalah PT. PLN (persero). Permintaan ini diutarakan pada rapat tahunan yang dilakukan PT. PLN dengan PT. PJB dan dicatat oleh bagian administrasi.
2. Bagian administrasi mencatat dan membuat kontrak kinerja berdasarkan hasil rapat dengan PT. PLN.
3. Setelah dilakukan penandatanganan kontrak, lalu bagian administrasi memproses dan memberikan ke bagian perencanaan dan pengadaan.
4. Bagian pengadaan lalu melakukan pemesanan bahan bakar kepada *supplier* sesuai kontrak yang telah di setujui.
5. Supplier lalu mengirimkan bahan bakar sesuai pesanan dari PT. PJB dan dikirimkan lewat tangker. Selanjutnya di cek spesifikasinya dan total muatannya oleh pihak PT. PJB.
6. Bahan bakar yang sudah dicek, lalu di masukkan kedalam tangki tambun dan selanjutnya dipakai untuk produksi.
7. Bagian perencanaan dan pengadaan lalu membuat penjadwalan produksi.
8. Selanjutnya, setelah produksi dilakukan, listrik dikirimkan kepada konsumen dan dicek kesesuaiannya dengan kontrak pada akhir tahun.

4.3.2 Penggambaran Aliran Fisik Proses Operasi PT. PJB UP Gresik

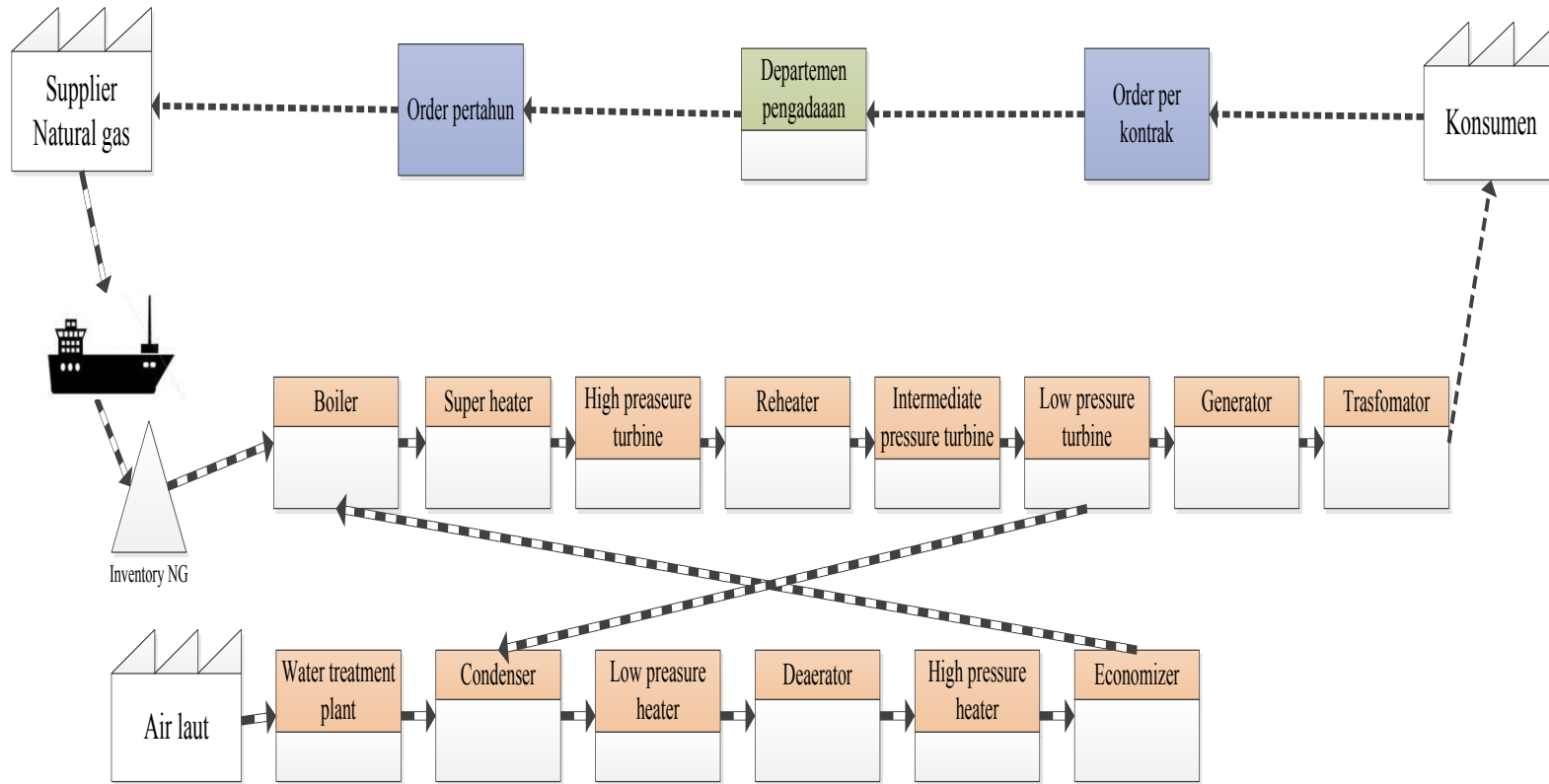
Berdasarkan hasil pengamatan, kondisi eksisting aliran fisik proses operasi dari PT. PJB UP Gresik adalah sebagai berikut:

1. Aliran fisik dimulai dari datangnya bahan bakar natural gas dari *supplier* yang dikirimkan dengan menggunakan tangker.
2. Bahan bakar yang sudah datang dicek spesifikasinya dan selanjutnya dimasukkan kedalam stasiun bahan bakar.
3. Bahan bakar yang ada di stasiun bahan bakar lalu dialirkan pada pipa *boiler* yang selanjutnya digunakan sebagai pemanas dalam *boiler*.

4. Bersamaan dengan hal tersebut air laut juga dipompa kedalam dan diproses di *desilation plant* untuk mengubah air laut menjadi air tawar.
5. Air hasil dari *desilation plant*, dimasukkan kedalam *row water treatment plant* dan diproses didalam *water treatment plant* untuk menghilangkan mineral yang ada didalam air.
6. Air yang berasal dari *water treatment plant* dipompa melalui *condensor* menuju LPH dan selanjutnya masuk kedalam *deaerator*.
7. *Deaerator* akan mengurangi udara pada air dan selanjutnya dipompa oleh BFP dan mengalirkannya ke HPH.
8. Dari HPH air akan dipanaskan di dalam *economizer* untuk didapatkan uap jenuh dan selanjutnya uap akan dipisahkan dengan air didalam *steam drum*.
9. Air dalam *steam drum* disalurkan ke *water wall* yang selanjutnya dipanaskan oleh *boiler*.
10. Selanjutnya air dipanaskan lagi oleh *super heater* sehingga menjadi uap kering.
11. Uap kering lalu dialirkan ke HP turbin untuk memutar rotor HP turbin.
12. Uap yang keluar lalu dipanaskan lagi di dalam *reheater* dan selanjutnya dialirkan ke IP turbin untuk memutar rotor IP turbin.
13. Uap yang keluar dari IP turbin lalu dialirkan ke LP turbin untuk memutar rotor LP turbin.
14. Uap yang keluar dari LP turbin lalu didinginkan di dalam *condensor* sehingga berubah menjadi air.
15. Uap yang sudah berubah menjadi air, didinginkan dengan menggunakan air laut dan selanjutnya air yang sudah dingin dikembalikan lagi ke laut.
16. Rotor turbin akan memutar generator sehingga akan tercipta energi listrik.
17. Energi listrik yang keluar dari generator, disesuaikan dayanya lewat *transformator* dan selanjutnya disalurkan ke konsumen.



Gambar 4. 4 Alur informasi proses produksi PT. PJB UP Gresik.



Gambar 4. 5 aliran fisik proses produksi PT. PJB UP Gresik

4.4 Pengukuran Kinerja Operasi

Pengukuran peformansi ini dilakukan untuk melihat kondisi awal dari kinerja operasi PT. PJB UP Gresik dan dinilai pencapaian dengan target dari perusahaan. Berikut merupakan kondisi kinerja operasi dari PT. PJB UP Gresik.

4.4.1 Pengukuran Kinerja Operasi PT. PJB UP Gresik

Pegukuran kinerja operasi dilakukan untuk mengetahui efisiensi dan efktifitas dari suatu aktivitas yang berlangsung. Pengukuran kinerja ini dilakukan dengan cara melihat nilai dari indikator pembangunnett *plant heat rate* (NPHR). Terdapat 4 indikator yang mempengaruhi nilai dari NPHR yaitu *operator controlable*, *unit controllable*, *boiler component* dan *turbine cycle component*. Masing-masing indikator menggambarkan komponen-komponen apa saja yang menjadi faktor yang mempengaruhi nilai NPHR.

Pengukuran yang dilakukan oleh PT. PJB UP Gresik dilakukan setiap hari. Kegiatan ini disebut *performance test*. Pada kegiatan tersebut aspek-aspek yang mempengaruhi kinerja operasi diperiksa dan direkap tiap semester. Berikut merupakan contoh data *performance test* yang dilakukan selama tahun 2014 yang ditunjukkan pada tabel 4.2:

Tabel 4. 2 Contoh kinerja operasi dari PT. PJB UP GresikPLTU Unit 4 tahun 2014

Komponen Unit	Januari	Februari	~	Nopember	Desember
<i>Load, Mw</i>	175,07	175,07		175,07	175,07
<i>Generator Output, Kw</i>	175073,55	175073,55		175073,55	175073,55
<i>Flow Bahan Bakar (Mfo), Kg/Hr</i>	0,00	0,00		0,00	0,00
<i>Flow Bahan Bakar (Ng), Nm3/Hr</i>	39376,35	39376,35		39376,35	39376,35
<i>Hhv Ng, Btu/Scf</i>	1046,65	1046,65		1046,65	1046,65
<i>Net Plant Heat Rate, Kcal/Kwh</i>	2474,72	2474,72		2474,72	2474,72
Operator Controllable					
<i>Outlet Gas Temp, Deg C</i>	103,16	102,11		98,98	102,97
<i>Orsat O2 Gas In Ah</i>	0,25	0,25		0,25	0,25
<i>Main Steam Temperature, Deg C</i>	540,56	540,45		533,71	540,58
<i>Hot Reheat Steam Temperature, Deg C</i>	538,75	538,38		528,81	538,84
<i>Main Steam Pressure, Kg/Cm2</i>	171,57	171,50		167,15	171,61
<i>Water Spray To Desh, %Msf</i>	23,11	29,99		26,95	18,72
<i>Water Spray To Derh, %Msf</i>	0,09	0,10		-0,04	-0,04

Komponen Unit	Januari	Februari	~	Nopember	Desember
Turbine Cycle Component					
<i>Turbine Efficiency</i>	36,73	36,73		36,73	36,73
<i>Lph1 Ttd</i>	1,74	1,74		1,74	1,74
<i>Lph2 Ttd</i>	-5,14	-5,14		-5,14	-5,14
<i>Lph3 Ttd</i>	2,76	2,76		2,76	2,76
<i>Lph4 Ttd</i>	2,56	2,56		2,56	2,56
<i>Hph6 Ttd</i>	-1,76	-1,76		-1,76	-1,76
<i>Hph7 Ttd</i>	-7,14	-7,14		-7,14	-7,14
<i>Hph 8 Ttd</i>	11,22	11,22		11,22	11,22
<i>Main Steam Flow</i>	472,27	472,27		472,27	472,27
<i>Reheat Steam Flow</i>	385,29	385,29		385,29	385,29
<i>Final Temperature Fw Heater</i>	241,35	203,81		205,84	246,45
Unit Controllable					
<i>Auxiliary Power, Kw</i>	0,25	0,25		7,74	7,80
<i>Condenser Vacuum, MmHg</i>	65,09	66,15		90,31	71,12
Cycle Component					
<i>%Moisture In Fuel</i>	0	0		0	0
<i>%H In Fuel</i>	23,41	23,41		23,41	23,41
<i>Air Heater Leakage, %</i>	7,91	7,91		7,91	7,91
<i>Air Heater Effectiveness, %</i>	112,56	113,75		113,52	112,98
<i>Scah Out Temperature, Deg C</i>					
<i>Make Up Water T/H</i>	5,60	5,60		5,60	5,60

Pada tabel 4.2 menunjukkan nilai dari masing-masing komponen yang menggambarkan perfomansi operasi dari PT.PJB UP Gresik PLTU unit 4. Data tersebut merupakan data bulanan dari kinerja operasi PLTU unit 4 dan akan dibagi per 6 bulan untuk pelaporannya. Pada setiap pelaporan yang dilakukan, selanjutnya dibahas mengenai tentang kinerja selama satu semester tersebut. berikut merupakan data kinerja yang sudah diolah persemester dari kinerja operasi PLTU unit 4 pada tabel 4.3:

Tabel 4. 3Kinerja operasi tiap semester tahun 2014

Komponen Unit	Performance	
	Semester 1	Semester 2
Load, MW	175,07	175,10
Generator Output, kW	175073,55	175095,81
Flow Bahan Bakar (MFO), kg/hr	0,00	0,00
Flow Bahan Bakar (NG), Nm ³ /hr	39376,35	41540,76
HHV NG, BTU/SCF	1046,65	1046,65
Net Plant Heat Rate, kCal/kWh	2474,72	2474,72
Operator Controllable		
Outlet Gas Temp, deg C	107,68	106,76
Orsat O ₂ Gas in AH	0,25	0,25
Main Steam Temperature, deg C	540,07	540,54
Hot Reheat Steam Temperature, deg C	537,98	539,53
Main Steam Pressure, kg/cm ²	171,69	171,46
Water spray to DeSH, %MSF	24,17	21,42
Water spray to DeRH, %MSF	0,09	-0,07
Turbine Cycle Component		
Turbine Efficiency	36,24	36,73
LPH1 TTD	1,74	1,74
LPH2 TTD	-5,14	-5,14
LPH3 TTD	2,76	2,76
LPH4 TTD	2,56	2,56
HPH6 TTD	-1,76	-1,76
HPH7 TTD	-7,14	-7,14
HPH 8 TTD	11,22	11,22
Main Steam Flow	597,81	472,27
Reheat Steam Flow	515,04	385,29
Final Temperature FW Heater	258,92	262,96
Unit Controllable		
Auxiliary Power, kW	9,04	9,91
Condenser Vacuum, mmHgA	76,62	83,35
Cycle Component		
%Moisture in Fuel	0	0
%H in Fuel	23,41	23,41
Air Heater Leakage, %	7,91	7,91
Air Heater Effectiveness, %	90,31	109,99
SCAH Out Temperature, deg C		
Make Up Water T/h	5,60	5,60

Pada tabel 4.3 menunjukkan nilai kinerja yang sudah disesuaikan persemester. Data tersebut yang nanti akan dibandingkan dengan target

perusahaan. perbandingan dilakukan untuk menilai kinerja dari PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 selama satu tahun. Nilai ketercapaian kinerja digunakan untuk menentukan langkah kedepan dari PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 dalam menyusun sistem operasi, *maintenance* serta target perusahaan sehingga kinerjanya terus meningkat sehingga sesuai dengan sistem *continuous improvement* yang menjadi target PT. PJB.

4.4.2 Perbandingan Target Pencapaian Kinerja Operasi

Kinerja operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 dilihat dari ketercapaian dari masing-masing komponen operasi yang ada. Komponen-komponen operasi tersebut dibagi berdasarkan 4 indikator yaitu *operator controllable*, *unit controllable*, *boiler component* dan *turbine cycle component*. Pada masing-masing indikator berisi komponen-komponen yang dapat menunjukkan nilai kinerja dari masing-masing indikator. Nilai standar yang dipakai oleh PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 adalah standar yang sudah dibuat pada saat komisioning. Komisioning merupakan saat dimana perancangan PLTU unit 4 dilakukan atau rapat perdana PLTU unit 4. Tetapi target tersebut nantinya akan disesuaikan tiap tahun berdasarkan rapat kinerja dengan pihak konsumen dalam hal ini PT. PLN (persero) serta hasil dari pengukuran kinerja ini menjadi pertimbangan oleh PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 untuk melakukan produksi listrik tahun berikutnya.

Tabel 4. 4Perbandingan target dan kinerja operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4

Komponen Unit	Peformance		Rata-Rata Kinerja	Refere nsi	Gap
	Semester 1	Semester 2			
<i>Load, Mw</i>	175,07	175,10	175,08	175,08	0,00
<i>Generator Output, Kw</i>	175073,55	175095,81	175084,68	175084,68	0,00
<i>Flow Bahan Bakar (Mfo), Kg/Hr</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Flow Bahan Bakar (Ng), Nm3/Hr</i>	39376,35	41540,76	40458,55	36838,02	3620,53
<i>Hhv Ng, Btu/Scf</i>	1046,65	1046,65	1046,65	1185,00	138,35
<i>Net Plant Heat Rate, Kcal/Kwh</i>	2474,72	2474,72	2474,72	2364,55	110,17
Operator Controllable					
<i>Outlet Gas Temp, Deg C</i>	107,68	106,76	107,22	106,69	0,53

Komponen Unit	Peformance		Rata-Rata Kinerja	Refere nsi	Gap
	Semester 1	Semester 2			
Orsat O2 Gas In Ah	0,25	0,25	0,25	1,79	-1,54
Main Steam Temperature, Deg C	540,07	540,54	540,31	540,58	-0,28
Hot Reheat Steam Temperature, Deg C	537,98	539,53	538,75	539,15	-0,40
Main Steam Pressure, Kg/Cm2	171,69	171,46	171,58	169,00	2,58
Water Spray To Desh, %Msf	24,17	21,42	22,79	44,51	-21,72
Water Spray To Derh, %Msf	0,09	-0,07	0,01	0,00	0,01
Turbine Cycle Component					
Turbine Efficiency	36,24	36,73	36,48	39,91	-3,42
Lph1 Ttd	1,74	1,74	1,74	0,28	1,45
Lph2 Ttd	-5,14	-5,14	-5,14	-3,37	-1,77
Lph3 Ttd	2,76	2,76	2,76	3,52	-0,76
Lph4 Ttd	2,56	2,56	2,56	2,72	-0,16
Hph6 Ttd	-1,76	-1,76	-1,76	0,05	-1,81
Hph7 Ttd	-7,14	-7,14	-7,14	-0,32	-6,82
Hph 8 Ttd	11,22	11,22	11,22	0,79	10,42
Main Steam Flow	597,81	472,27	535,04	576,53	-24,16
Reheat Steam Flow	515,04	385,29	450,17	483,35	-33,18
Final Temperature Fw Heater	258,92	262,96	260,94	269,57	-8,63
Unit Controllable					
Auxiliary Power, Kw	9,04	9,91	9,47	9,00	0,47
Condenser Vacuum, Mmhga	76,62	83,35	79,99	60,32	19,67
Cycle Component					
%Moisture In Fuel	0	0	0,00	0	0,00
%H In Fuel	23,41	23,41	23,41	22,94	0,47
Air Heater Leakage, %	7,91	7,91	7,91	3,53	4,38
Air Heater Effectiveness, %	90,31	109,99	100,15	86,02	14,13
Make Up Water T/H	5,60	5,60	5,60	5,00	0,60

Pada tabel 4.4 menunjukkan perbandingan target perusahaan dan kinerja operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Pada tabel tersebut terlihat *gap* dari

beberapa komponen yang mempengaruhi kinerja operasi PLTU unit 4. *Gap* yang ada akan dinilai berdasarkan tingkat pengaruh terhadap kinerja dari PLTU unit 4 serta akan dikonversi kedalam Kcal/Kwh untuk mengetahui biaya yang hilang karena terjadinya *gap* tersebut.

Tabel 4. 5 Konversi *gap* menjadi nilai *losses*

Komponen Unit	Gap	Faktor Dampak (%)	Nilai Losses (%)	Nilai Losses (Kcal/Kwh)
Operator Controllable				
Outlet Gas Temp, Deg C	0,53	0,05	0,03	0,64
Orsat O2 Gas In Ah	-1,54	0,29	-0,45	-10,47
Main Steam Temperature, Deg C	-0,28	-0,03	0,01	0,17
Hot Reheat Steam Temperature, Deg C	-0,40	-0,03	0,01	0,23
Main Steam Pressure, Kg/Cm2	2,58	-0,06	-0,15	-3,44
Water Spray To Desh, %Msf	-21,72	0,01	-0,03	-0,68
Water Spray To Derh, %Msf	0,01	0,20	0,00	0,04
		0		
Turbine Cycle Component		0		
Turbine Efficiency	-3,42	-0,18	0,62	14,45
Lph1 Ttd	1,45	0,01	0,02	0,37
Lph2 Ttd	-1,77	0,01	-0,02	-0,45
Lph3 Ttd	-0,76	0,01	-0,01	-0,19
Lph4 Ttd	-0,16	0,01	0,00	-0,04
Hph6 Ttd	-1,81	0,01	-0,02	-0,46
Hph7 Ttd	-6,82	0,01	-0,07	-1,73
Hph 8 Ttd	10,42	0,04	0,37	8,79
Main Steam Flow	-24,16	0,03	-1,24	-29,19
Reheat Steam Flow	-33,18	0,02	-0,66	-15,56
Final Temperature Fw Heater	-8,63	-0,02	0,17	4,05
		0		
Unit Controllable		0		
Auxiliary Power, Kw	0,47	10,59	5,02	117,69
Condenser Vacuum, Mmhga	19,67	2.024 Kcal/Kwh/Mmhg		39,81
Cycle Component				
%Moisture In Fuel	0,00			
%H In Fuel	0,47	1	0,47	10,93

Komponen Unit	Gap	Faktor Dampak (%)	Nilai Losses (%)	Nilai Losses (Kcal/Kwh)
<i>Air Heater Leakage, %</i>	4,38	0,05	0,22	5,13
<i>Air Heater Effectiveness, %</i>	14,13	-0,15	-2,12	-49,72
<i>Make Up Water T/H</i>	0,60	0,31	0,19	4,36

Pada tabel 4.5 menunjukkan nilai *losses* yang ditimbulkan karena adanya *gap* pada komponen-komponen yang membangun nilai kinerja operasi dari PLTU unit 4. Nilai *losses* tersebut selanjutnya dikonversi ke biaya untuk mengetahui beban biaya yang ditanggung oleh PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 akibat dari adanya *losses* pada komponen. Nilai biaya didapatkan dari mengkonversi nilai *losses* dari Kcal/Kwh ke satuan bahan bakar dengan nilai konversi sebagai berikut (Convertunits.com, 2015):

$$1\text{Btu} = 0,252 \text{ Kcal} \quad (\text{Persamaan 5})$$

$$1 \text{ MMBtu} = 1 \times 10^6 \text{ Btu} \quad (\text{Persamaan 6})$$

Nilai konversi tersebut menjadi dasar untuk menghitung beban biaya yang ditanggung oleh PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Nilai tukar Rupiah terhadap Dolar per tanggal 4 Juni 2015 adalah Rp. 13.309,00 (Bank Indonesia, 2015) dan harga natural gas per tanggal 31 Maret 2015 adalah \$9/MMBtu (Industribisnis.com, 2015). Tabel 4.6 akan menunjukkan beban biaya yang harus ditanggung PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 untuk masing-masing komponen penyusun dari nilai kinerja operasinya.

Tabel 4. 6 rekapitan beban biaya *losses* tiap komponen

Komponen Unit	Nilai Losses (Kcal/Kwh)	Nilai Gas Per Jam (Mmbtu)	Nilai Kerugian (Rupiah/Jam)
<i>Operator Controllable</i>			
<i>Outlet Gas Temp, Deg C</i>	0,64	0,446373	Rp53.467
<i>Orsat O2 Gas In Ah</i>	-10,47	-7,27723	-Rp871.673
<i>Main Steam Temperature, Deg C</i>	0,17	0,121466	Rp14.549

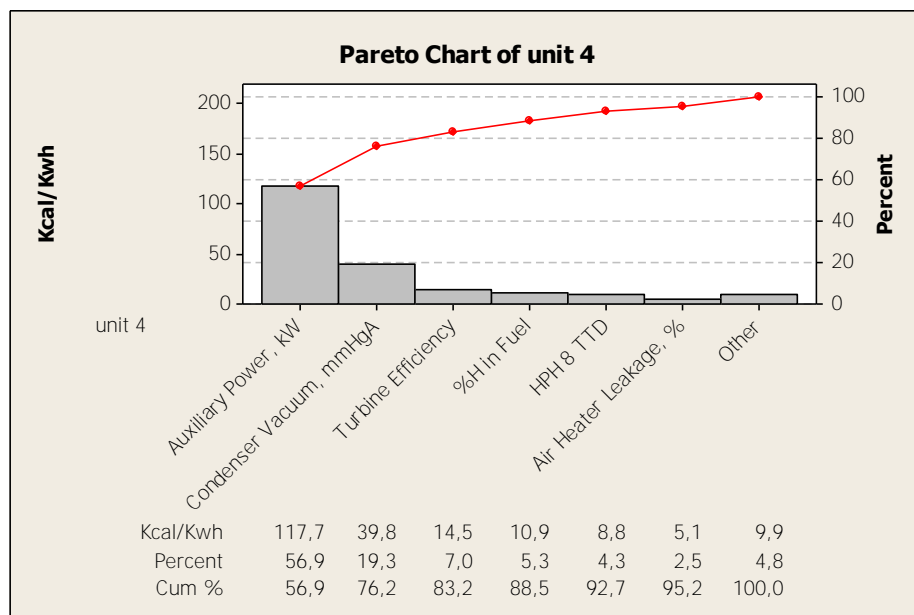
Komponen Unit	Nilai <i>Losses</i> (Kcal/Kwh)	Nilai Gas Per Jam (Mmbtu)	Nilai Kerugian (Rupiah/Jam)
<i>Hot Reheat Steam Temperature, Deg C</i>	0,23	0,161417	Rp19.335
<i>Main Steam Pressure, Kg/Cm2</i>	-3,44	-2,39168	-Rp286.477
<i>Water Spray To Desh, %Msf</i>	-0,68	-0,47531	-Rp56.933
<i>Water Spray To Derh, %Msf</i>	0,04	0,028007	Rp3.355
Turbine Cycle Component			
<i>Turbine Efficiency</i>	14,45	10,04136	Rp1.202.764
<i>Lph1 Ttd</i>	0,37	0,255296	Rp30.580
<i>Lph2 Ttd</i>	-0,45	-0,31106	-Rp37.259
<i>Lph3 Ttd</i>	-0,19	-0,1343	-Rp16.086
<i>Lph4 Ttd</i>	-0,04	-0,02854	-Rp3.419
<i>Hph6 Ttd</i>	-0,46	-0,31808	-Rp38.099
<i>Hph7 Ttd</i>	-1,73	-1,19883	-Rp143.598
<i>Hph 8 Ttd</i>	8,79	6,109141	Rp731.759
<i>Main Steam Flow</i>	-29,19	-20,2798	-Rp2.429.135
<i>Reheat Steam Flow</i>	-15,56	-10,8133	-Rp1.295.231
<i>Final Temperature Fw Heater</i>	4,05	2,81085	Rp336.686
Unit Controllable			
<i>Auxiliary Power, Kw</i>	117,69	81,77113	Rp9.794.628
<i>Condenser Vacuum, Mmhga</i>	39,81	27,6588	Rp3.312.999
Cycle Component			
<i>%Moisture In Fuel</i>			
<i>%H In Fuel</i>	10,93	7,593344	Rp909.538
<i>Air Heater Leakage, %</i>	5,13	3,567099	Rp427.271
<i>Air Heater Effectiveness, %</i>	-49,72	-34,5473	-Rp4.138.109
<i>Make Up Water T/H</i>	4,36	3,03082	Rp363.035
	Total		Rp7.883.945

Nilai kerugian yang disebabkan oleh *losses* pada tiap komponen penyusun kinerja operasi pada tabel 4.6 sebesar Rp. 7.883.945,00 per jam sehingga kerugian pertahun akibat *losses* adalah Rp. 69.063.358.200. Nilai kerugian tersebut harus segera diatasi dan dicari penyebabnya sehingga biaya operasional

bisa ditekan dan dapat meningkatkan nilai kinerja dari PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4.

4.5 Penentuan Komponen Kritis

Pada *lean thinking* terdapat satu prinsip yaitu *specify value*. *Specify value* merupakan penentuan komponen atau objek yang bisa memberikan dampak besar pada suatu perusahaan, dalam kasus ini merupakan komponen yang memiliki dampak yang signifikan pada kinerja operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Pemilihan faktor/komponen kritis didasarkan pada nilai *losses* pada komponen pada masing-masing indikator. Pemilihan komponen kritis menggunakan metode pareto chart. *Pareto chart* merupakan satu *tools* dalam upaya peningkatan kualitas. pareto chart digunakan mencari permasalahan yang paling berpengaruh. *Pareto chart* menggunakan prinsip 80:20 yang artinya 80% permasalahan disebabkan oleh 20% penyebab (Wedgwood, 2006).



Gambar 4. 6pareto chart komponen kritis

Pada gambar 4.6 menunjukan komponen kritis yang paling berpengaruh pada nilai kinerja operasi PLTU unit 4. Komponen kritis tersebut adalah *auxiliary power*, *condenser vacum* dan *turbine efficiency*. Komponen-komponen

tersebut berdasarkan prinsip 80:20 *pareto chart* memiliki kontribusi paling besar pada nilai *losses* kinerja operasi PLTU unit 4.

4.6 Identifikasi Waste Pada Aktifitas Operasi PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 4

Identifikasi *waste* pada aktifitas operasi dilakukan untuk mengetahui *waste* yang terjadi dan mempengaruhi kinerja operasi PLTU unit 4. *Waste* yang teridentifikasi lalu dieliminasi sehingga dapat meningkatkan nilai kinerja operasi PLTU unit 4. *Waste* pada aktivitas operasi diperoleh dari pemetaan yang dilakukan pada *big picture mapping*. *Waste* didapatkan pada aliran fisik pada *big picture mapping* dan tergambar dari nilai kinerja perusahaan. terdapat beberapa *waste* yang teridentifikasi yaitu:

- *Excessive processing*

Waste ini terjadi karena penggunaan material yang terlalu banyak untuk memproduksi sesuatu. Pada penelitian ini, digambarkan dengan penggunaan bahan bakar pembangkit energi listrik yang terlalu banyak, sehingga berakibat pada tingginya biaya operasional.

- *Defect*

Waste ini terjadi karena ketidaksesuaian sesuatu terhadap target atau spesifikasi baik itu berupa proses maupun produk. Pada penelitian ini *waste* ini didefinisikan dengan ketidak sesuaian spesifikasi pasokan bahan bakar dari *supplier* dan *losses* yang terjadi pada komponen pembangkit.

Tabel 4. 7 Jenis *waste* pada aktivitas operasi PLTU unit 4

Jenis <i>Waste</i>	Indikator <i>Waste</i>
<i>Excessive processing</i>	Pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak
<i>Defect</i>	Perbedaan spesifikasi bahan bakar
	<i>Losses</i> pada komponen unit

Pada tabel 4.7 menunjukkan *waste* yang ada pada aktivitas operasi dari PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Pada *waste excessive processing* diindikasikan dengan adanya pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak, sedangkan pada *waste defect* diindikasikan dengan perbedaan spesifikasi bahan bakar dan *losses*

pada komponen unit. *Waste* tersebut diukur dampaknya terhadap kerugian yang dialami oleh PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Pada indikator *waste excessive processing* dikonversi kedalam MMBtu dengan rumus koversi:

$$\text{Heat gas} = \text{gas flow (Nm}^3\text{)} \times 37,3248 \text{ (SCF/NM3)} \times \text{HHV (Btu/SCF)} \times 0,252 \text{ (Kcal/BTU)} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 7)}$$

$$= 3620,53 \times 37,3248 \times 1046,65 \times 0,252$$

$$= 35642943,01 \text{ Kcal}$$

$$= 141,4402501 \text{Btu} \rightarrow 141,44 \text{MMBtu/hr}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka dibuat tabel yang menunjukkan dampak dari masing-masing *waste*. Dampak tersebut menggambarkan kerugian yang dialami oleh PLTU unit 4 setiap jamnya.

Tabel 4. 8 Konversi dampak *waste* pada aktivitas operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4

Jenis Waste	Indikator Waste	Dampak (MMBtu/hr)	kerugian (Rp/Hr)
<i>excessive processing</i>	Pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak	141,44	Rp16.941.855
<i>Defect</i>	Perbedaan spesifikasi bahan bakar	75,62	Rp9.057.909
	<i>Losses</i> pada komponen unit	65,82	Rp7.883.945

Pada tabel 4.8 menunjukkan dampak dari *waste* yang ada didalam aktivitas operasi PLTU unit 4. Pada *waste excessive processing* menyumbang 89,82 MMBtu perjam sedangkan pada *waste defect* menyumbang jumlah *waste* yang sama. Hal ini disebabkan karena *waste excessive processing* dipengaruhi oleh *waste defect*.

BAB 5

ANALISA DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini dilakukan analisa hasil dari pengolahan data yang dilakukan pada bab sebelumnya. Analisa dilakukan dengan menganalisa *waste* dan mencari akar penyebab terjadinya *waste* dengan menggunakan RCA (*Root Cause Analysis*). Akar penyebab *waste* lalu dinilai risikonya untuk mengetahui dampak yang terjadinya *waste*. *Waste* yang memberikan dampak terbesar lalu diberikan solusi atau rekomendasi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

5.1 Analisa Waste Aktivitas Operasi PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 4

Waste yang didapat pada pemetaan *Big Picture Mapping* dan pengukuran kinerja ada 2 yaitu *excessive processing* dan *defect*.

Waste yang sudah terdefinisi lalu diidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya masing-masing *waste*. Faktor-faktor penyebab terjadinya *waste* diidentifikasi dengan menggunakan metode RCA (*Root Cause Analysis*). RCA merupakan suatu *tools* yang digunakan untuk mencari akar penyebab dari suatu permasalahan. Akar penyebab permasalahan dicari dengan menggunakan metode 5 *whys*. Pada *why* terakhir menunjukkan akar penyebab permasalahan yang pada penelitian ini merupakan *waste* pada aktivitas operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Berikut merupakan RCA dari masing-masing *waste* yang teridentifikasi pada aktivitas operasi PLTU unit 4.

Tabel 5. 1 RCA waste Defect

<i>Waste</i>	<i>Sub waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>
<i>Defect</i>	Spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai sebesar 75 MMBtu/hr	Pengukuran Spesifikasi bahan bakar <i>supplier</i> dan manajemen PT PJB tidak sama	Tidak adanya sertifikasi pada pengukuran spesifikasi bahan bakar di PT PJB UP Gresik		
	Losses pada beberapa komponen pembangkit sebesar 65 MMBtu/hr	Energi yang dipakai pada sistem <i>auxiliary</i> terlalu banyak	Komponen pada sistem <i>auxiliary</i> bekerja lebih lama dari target	Umur dari beberapa komponen sudah terlalu tua	Terjadi kerusakan pada beberapa komponen
				Nilai kalor bahan bakar rendah	Spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai
		Siklus uap terlalu lama	Kapasitas <i>colling water pump</i> meurun	<i>Condensor vacum</i> mengalami <i>derating</i>	
		Efisiensi turbin turun	Umur dari turbin sudah tua	Terjadi korosi pada ruas turbin	
			Nilai kalor bahan bakar rendah	Spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai	

Pada tabel 5.2 merupakan RCA dari *waste defect*. *Waste* ini terindikasi dari 2 *sub-waste* yaitu spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai dan *losses* yang terjadi pada komponen-komponen pembangkitan energi listrik. Pada *sub-waste* spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai disebabkan karena spesifikasi nilai kalor bahan bakar dari *supplier* berbeda dengan standar dari PT. PJB UP Gresik. Nilai kalor bahan bakar dari *supplier* lebih rendah dari pada standar PT. PJB UP Gresik. hal ini dikarenakan adanya perbedaan pengukuran yang dilakukan oleh *supplier* dan PT. PJB UP Gresik. pengukuran yang dilakukan oleh *supplier* menunjukkan nilai kalor yang sudah sesuai permintaan sedangkan pada saat dilakukan pengecekan ulang di laboratorium bahan bakar di PT. PJB UP Gresik nilainya tidak sesuai. PT. PJB UP Gresik tidak bisa melakukan klaim karena laboratorium bahan bakar yang ada belum memiliki sertifikasi yang sama dengan *supplier*. Sehingga PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 tetap harus menggunakan bahan bakar tersebut dalam proses pembangkitan energi listrik dengan konsekuensi proses pembangkitan menjadi lebih lama dan berdampak pada banyaknya bahan bakar yang digunakan dalam proses pembangkitan energi listrik.

Pada *sub-waste losses* pada beberapa komponen pembangkit disebabkan oleh komponen-komponen yang digunakan dalam aktivitas operasi pembangkitan energi listrik mengalami *losses*. Hampir semua komponen mengalami *losses* mesin. Tetapi berdasarkan *pareto chart* terdapat 3 komponen yang memberikan *losses* paling tinggi. Pertama yaitu komponen sistem *auxiliary*. Pada sistem *auxiliary* ini memerlukan energi yang lebih banyak dari pada target yang sudah ditetapkan. energi tersebut digunakan untuk menggerakkan komponen-komponen pada sistem *auxiliary* yang berfungsi sebagai komponen pendukung dalam pembangkitan energi listrik. Kedua yaitu *turbine efficiency*. Efisiensi turbin pada sistem pembangkitan energi listrik tidak sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan oleh PT. PJB UP Gresik. turbin menjadi kurang efisien karena perputaran rotor turbin yang terlalu lama dalam proses pembangkitan energi listrik. Hal tersebut disebabkan karena uap yang masuk dari *boiler* tidak terlalu kurang sesuai standar karena nilai kalor bahan bakar yang digunakan rendah sehingga perlu waktu lama untuk proses pemanasan.

Tabel 5. 2 RCA *waste excessive processing*

<i>Waste</i>	<i>Sub-waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Excessive processing</i>	Pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak	Spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai sebesar 75 mmbtu/hr	Pengukuran Spesifikasi bahan bakar <i>supplier</i> dan manajemen PT. PJB tdak sama	Tidak adanya sertifikasi pada pengukuran spesifikasi bahan bakar di PT. PJB UP Gresik		
		<i>Losses</i> pada beberapa komponen pembangkit sebesar 65 mmbtu/hr	Energi yang dipakai pada sistem <i>auxiliary</i> terlalu banyak	Komponen pada sistem <i>auxiliary</i> bekerja lebih lama dari target	Umur dari beberapa komponen sudah terlalu tua	Terjadi kerusakan pada beberapa komponen
			Siklus uap terlalu lama	Kapasitas <i>colling water</i> pump meurun	Nilai kalor bahan bakar rendah	Spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai
			Efisiensi turbin turun		<i>Condensor vacum</i> mengalami <i>derating</i>	
				Umur dari turbin sudah tua	Terjadi korosi pada ruas turbin	
				Nilai kalor bahan bakar rendah	Spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai	

Pada tabel 5.1 merupakan RCA dari *waste excessive processing*. Pada *waste* ini, terindikasi dari *sub-waste* pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak. Pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak ini disebabkan oleh 2 hal. Pertama yaitu spesifikasi bahan bakar natural gas yang kurang sesuai dengan standar yang sudah diberikan. Bahan bakar yang datang dari *supplier* memiliki spesifikasi nilai kalor lebih rendah jika dibandingkan dengan standar yang sudah ditetapkan oleh PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Perbedaan spesifikasi nilai kalor bahan bakar ini disebabkan karena pengukuran yang dilakukan oleh PT. PJB UP Gresik dengan *supplier* berbeda. *Supplier* mengklaim bahwa spesifikasi bahan bakar sudah sesuai dengan permintaan sedangkan ketika dicek kembali oleh PT. PJB UP Gresik ternyata spesifikasinya tidak sesuai. PT. PJB UP Gresik tidak bisa mengklaim hal tersebut dikarenakan laboratorium bahan bakar di PT. PJB UP Gresik tidak memiliki sertifikasi resmi seperti yang dimiliki oleh *supplier*. Sehingga PT. PJB UP Gresik tetap menggunakan bahan bakar dengan nilai kalor yang kurang sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan. Konsekuensinya bahan bakar yang dipakai untuk proses pembangkitan energi listrik menjadi banyak.

Penyebab kedua adalah karena adanya *losses* yang terjadi pada beberapa komponen pembangkitan energi listrik. Hampir semua komponen mengalami *losses* mesin. Tetapi berdasarkan *pareto chart* terdapat 3 komponen yang memberikan *losses* paling tinggi. Pertama yaitu komponen sistem *auxiliary*. Pada sistem *auxiliary* ini memerlukan energi yang lebih banyak dari pada target yang sudah ditetapkan. energi tersebut digunakan untuk menggerakkan komponen-komponen pada sistem *auxiliary* yang berfungsi sebagai komponen pendukung dalam pembangkitan energi listrik. Kedua yaitu *turbine efficiency*. Efisiensi turbin pada sistem pembangkitan energi listrik tidak sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan oleh PT. PJB UP Gresik. turbin menjadi kurang efisien Hal tersebut disebabkan karena uap yang masuk dari *boiler* tidak terlalu kurang sesuai standar karena nilai kalor bahan bakar yang digunakan rendah sehingga perlu waktu lama untuk proses pemanasan. Ketiga karena terjadi *derating* pada *condensor vacuum* yang mengakibatkan siklus uap tidak berjalan normal dan lebih lama dari standar yang sudah ditetapkan PT. PJB UP Gresik

RCA yang dibuat pada *waste excessive processing* memiliki *root cause* yang sama dengan *waste defect*. Hal ini disebabkan karena *waste excessive processing* dipengaruhi oleh *waste defect* sehingga penanganan permasalahan dari *waste excessive processing* sama dengan *waste defect*.

5.2 Penilaian Waste Dengan Menggunakan Risk Priority Number (RPN)

Waste yang sudah didapatkan dan dianalisa akar penyebabnya, kemudian dinilai berdasarkan risikonya. Penilaian pada risiko diberikan melalui besarnya dampak (*consequences*) dan peluang kejadian (*likelihood*). *Consequences* merupakan hal yang terjadi akibat dari terjadi suatu risiko yang biasanya berujung pada kerugian, sedangkan *likelihood* merupakan kemungkinan risiko terjadi. Penilaian *consequences* dan *likelihood* diperoleh dari *brainstorming* yang dilakukan dengan pihak perusahaan dan data historis perusahaan. setiap risiko dinilai berdasarkan parameter *consequences* dan *likelihood* mulai 1 sampai 5. Berikut merupakan parameter *likelihood* dan *consequences* berdasarkan *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

Tabel 4. 9 Parameter penilaian *Likelihood*

Rating		Keterangan	
Skala	Deskripsi	Frekuensi	Probabilitas
1	Sangat kecil	Peristiwa dimungkinkan terjadi hanya pada situasi yang sangat luar biasa	Kurang dari sekali dalam 10 tahun
2	Kecil	Peristiwa dimungkinkan terjadi pada situasi khusus	1-3 dalam 10 tahun
3	Sedang	Peristiwa dimungkinkan terjadi pada kebanyakan situasi	1-3 kali dalam 5 tahun
4	Besar	Peristiwa dimungkinkan terjadi pada berbagai situasi	1-3 kali dalam setahun
5	Sangat besar	Kejadian sangat dimungkinkan terjadi pada berbagai situasi	Sedikitnya 1-3 kali dalam triwulan

Pada tabel 4.9 menunjukkan parameter penilaian *likelihood* dari risiko berdasarkan *brainstorming* dengan perusahaan. Penilaian untuk *consequences*

juga dilakukan *brainstorming* dengan perusahaan. Berikut merupakan parameter penilaian untuk *consequences*.

Tabel 4. 10 Parameter penilaian *consequences*

Rating		Keterangan Kerugian
Skala	Deskripsi	
1	Minor	1-20 MMBtu
2	Sedang	21-50 MMBtu
3	Major	51-85 MMBtu
4	Kritis	86-120 MMBtu
5	Malapetaka	>120 MMBtu

Penilaian terhadap risiko dilakukan berdasarkan nilai kinerja dari masing-masing risiko daftar risiko yang sudah dibuat sebelumnya. Nilai diberikan pada akar penyebab *waste*, faktor dari *waste* dan dampak *waste* yang terjadi pada aktivitas operasi PLTU unit 4.

Tabel 5. 3 Penilaian RPN aktivitas operasi PLTU unit 4

<i>Akar penyebab waste</i>	<i>Faktor penyebab waste</i>	<i>Dampak Waste</i>	<i>No</i>	<i>Consequences</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Risk priority number</i>
Beberapa komponen mengalami kerusakan	Umur komponen yang sudah tua	Energi yang dipakai untuk sistem auxiliary banyak	R1	1	5	5
	Proses maintenance yang kurang baik	Aliran pada condensor menurun dan membuat proses pembangkitan energi listrik menjadi lebih lama	R2	2	5	10

<i>Akar penyebab waste</i>	<i>Faktor penyebab waste</i>	<i>Dampak Waste</i>	<i>No</i>	<i>Consequences</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Risk priority number</i>
	Spesifikasi bahan bakar kurang sesuai	Putaran dari turbin menurun dan membuat proses pembangkitan energi listrik lebih lama serta penurunan efisiensi turbin	R3	3	5	15
Tidak adanya sertifikasi pada laboratorium bahan bakar	Perusahaan belum memberlakukan kebijakan terkait sertifikasi	Spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai	R4	3	5	15

Pada tabel 5.3 menunjukkan *risk priority number* dari akar penyebab *waste*, faktor dari *waste* dan dampak *waste*. Pemberian nilai *likelihood* pada risiko dilihat dari frekuensi terjadinya *waste* pada aktivitas operasi. Hal tersebut terlihat dari data kinerja operasi PLTU unit 4. Data kinerja operasi dikeluarkan setiap bulan dan terlihat bahwa hampir setiap bulan terjadi *gap/losses* pada beberapa komponen seperti turbin, *condensor* dan sistem *auxiliary*. Sedangkan, pada nilai *consequences* dinilai berdasarkan nilai *losses* yang diakibatkan oleh dampak *waste*. *Risk priority number* yang sudah didapatkan lalu dijadikan *input* untuk membuat matriks risiko

Matriks risiko dibuat untuk memetakan risiko berdasarkan beberapa zona. Zona yang digunakan ada 4 yaitu risiko sangat tinggi (*very high risk*), risiko tinggi (*high risk*), risiko sedang (*moderate risk*), dan risiko kecil (*low risk*). Pada masing-masing zona diberikan penanganan yang bertujuan untuk mengurangi risiko yang ada. pada tabel 5.4 akan ditunjukkan klasifikasi zona risiko dan penanganannya.

Tabel 5. 4 Klasifikasi risiko pada matriks risiko

Warna	Kategori risiko	Penanganan
	<i>Very high risk</i>	<i>Intermediate action required</i>
	<i>High risk</i>	<i>Senior executive management attention needed</i>
	<i>Moderate risk</i>	<i>Management responsibility must be specified</i>
	<i>Low risk</i>	<i>Manage by routine procedures</i>

Klasifikasi risiko tersebut dipakai acuan untuk membaut pemetaan risiko. pemetaan warna pada risiko dilakukan berdasarkan *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

.Tabel 5. 5 Matriks risiko

<i>Likelihood</i>	5	R1	R2	R3,R4		
	4					
	3					
	2					
	1					
		1	2	3	4	5
<i>Consequences</i>						

Pada tabel 5.5 menunjukkan matriks risiko yang memetakan risiko berdasarkan nilai *likelihood* dan *consequences*. pada matriks risiko tesebut menunjukkan risiko-risiko masuk dalam 2 kategori yaitu *moderate risk* dan *high risk*. Pada penyebab *waste* beberapa komponen mengalami kerusakan dengan dampak *waste* pemakaian energi yang terlalu banyak pada *auxiliary*, masuk dalam zona *moderate risk* dengan nilai risiko 5. Sedangkan pada dampak *waste* aliran *condensor* turun dan putaran turbin menurun, masuk dalam zona *high risk* dengan nilai risiko 10 dan 15. Pada penyebab *waste* tidak adanya sertifikasi pada laboratorium bahan bakar dengan dampak *waste* spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai, masuk pada zona *high risk* dengan nilai risiko 15. Risiko-risiko tersebut dijadikan acuan dalam pembuatan alternatif rekomendasi. Alternatif rekomendasi yang dibuat bertujuan untuk mengurangi dampak yang muncul sehingga aktivitas operasi menjadi lebih efisien dan dapat meningkatkan efisiensi PLTU unit 4.

(Halaman ini Sengaja dikosongkan)

BAB 6

REKOMENDASI

Pada bab ini akan dibahas mengenai alternatif rekomendasi, pemilihan alternatif rekomendasi dengan menggunakan *Analytic Hierarchy proces* (AHP), *Net Present Value* (NPV) dan *Brown-Gibson Method* serta analisa rekomendasi berdasaran permasalahan yang ada pada aktivitas operasi pada PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4.

6.1 Alternatif Rekomendasi

Pemberian alternatif rekomendasi diberikan berdasarkan RCA dan analisa risiko yang sudah dibuat pada bab sebelumnya. Alternatif rekomendasi diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja operasi dan meningkatkan efisiensi operasi PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Alternatif perbaikan yang diusulkan ada 5 yaitu :

1. Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar

Rekomendasi ini dapat merupakan hal yang dilakukan dengan cara memberikan sertifikasi pada laboratorium bahan bakar sehingga PT. PJB UP Gresik dapat melakukan klain ketika nilai spesifikasi bahan bakar dari *supplier* kurang sesuai dengan standar yang diberikan.

2. Perawatan khusus pada *condensor*

Perawatan khusus pada *condensor* meliputi *preventive maintenance* dan *corective maintenance* pada *condensor* sehingga kinerjanya meningkat dari yang sebelumnya.

3. Perawatan pada sistem *auxiliary*

Perawatan pada sistem *auxiliary* meliputi *preventive maintenance* dan *corective maintenance* yang dilakukan pada semua komponen pada sistem *auxiliary*, seperti BFP (*boiler feed pump*), *Water treatment Plant*, dan lain-lain.

4. Perawatan khusus pada turbin

Perawatan pada turbin meliputi *preventive maintenance* dan *corective maintenance* yang dilakukan pada turbin. perawatan tersebut diintensifkan agar kinerja dari turbin meningkat dari sebelumnya.

5. Peremajaan pada komponen pembangkit

Peremajaan komponen merupakan penggantian komponen pembangkit yang sudah tidak memenuhi spesifikasi perusahaan, komponen yang sudah tua dan komponen yang menyumbang banyak *losses* energi.

Alternatif perbaikan yang ada dicek hubungan dengan risiko yang sudah dibuat. Sehingga semua risiko dapat *tercover* oleh alternatif perbaikan yang ada.

Tabel 6. 1 Hubungan risiko dengan alternatif perbaikan

<i>Akar penyebab waste</i>	<i>Faktor penyebab waste</i>	<i>Dampak Waste</i>	1	2	3	4	5
Beberapa komponen mengalami kerusakan	Umur komponen yang sudah tua	Energi yang dipakai untuk sistem <i>auxiliary</i> banyak	V		V		V
	Proses <i>maintenance</i> yang kurang baik	Aliran pada <i>condensor</i> menurun dan membuat proses pembangkitan energi listrik menjadi lebih lama	V	V			V
	Spesifikasi bahan bakar kurang sesuai	Putaran dari turbin menurun dan membuat proses pembangkitan energi listrik lebih lama serta penurunan efisiensi turbin	V			V	V

<i>Akar penyebab waste</i>	<i>Faktor penyebab waste</i>	<i>Dampak Waste</i>	1	2	3	4	5
Tidak adanya sertifikasi pada laboratorium bahan bakar	Perusahaan belum memberlakukan kebijakan terkait sertifikasi	Spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai	V				

Pada tabel 6.1 menunjukkan hubungan antara alternatif perbaikan dan risiko yang ada. Sehingga dapat disimpulkan semua risiko yang ada dapat *discover* oleh alternatif perbaikan yang diusulkan.

Pada setiap alternatif perbaikan dipilih berdasarkan beberapa kriteria. Kriteria-kriteria rekomendasi tersebut didapatkan melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan. kriteria rekomendasi tersebut digunakan untuk menilai alternatif-alternatif rekomendasi yang akan dipilih. Kriteria rekomendasi tersebut ada 3 yaitu :

1. Besarnya dampak implementasi (A)

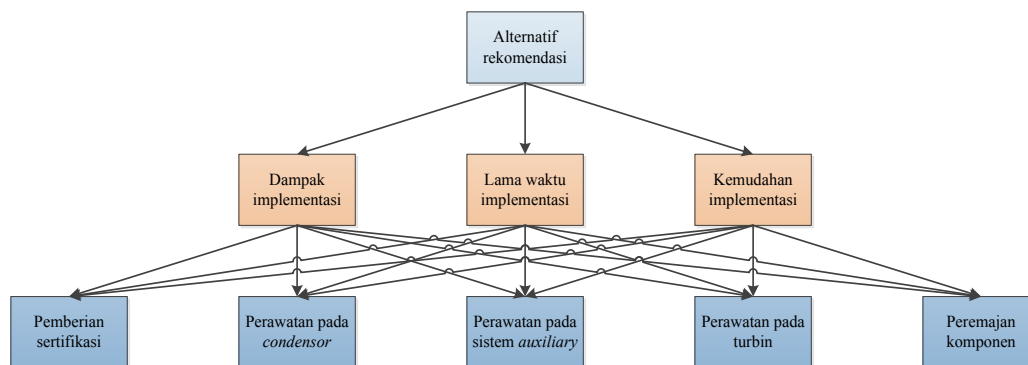
Besarnya dampak dihitung dari peningkatan efisiensi yang ditimbulkan karena implementasi rekomendasi tersebut.

2. Lama waktu implementasi (B)

Lama waktu implementasi dilihat dari lama waktu rekomendasi dapat diimplementasikan .

3. Kemudahan implementasi (C)

Kemudahan implementasi dilihat dari kemudahan implementasi tersebut dapat diimplementasikan. Kemudahan dilihat dari proses birokrasi, proses implementasi, dan lain-lain. Pada gambar 6.1 akan ditunjukkan hubungan antara kriteria rekomendasi dan alternatif rekomendasi.



Gambar 6. 1 hubungan antara kriteria dan alternatif rekomendasi

Pemilihan alternatif perbaikan dilakukan dengan mengkombinasikan antara faktor kualitatif dan faktor kuantitatif dari rekomendasi. Faktor kualitatif dilihat berdasarkan kuisisioner tentang alternatif rekomendasi dan faktor kuantitatif dilihat dari biaya yang dikeluarkan oleh masing-masing alternatif rekomendasi.. metode yang digunakan dalam pemilihan alternatif rekomendasi adalah AHP (*Analytic Hierarchi Process*) dan metode Brown-Gibson. AHP digunakan untuk memilih faktor subjektif dengan menggunakan perbandingan *pairwise* dan metode Brown-Gibson merupakan metode untuk mengkombinasikan antara faktor objektif dan faktor subjektif. Sehingga dapat terpilih rekomendasi yang cocok untuk mengatasi permasalahan yang ada.

6.1.1 Faktor subjektif

Pemilihan faktor subjektif dilakukan dengan memberikan kuisisioner kepada pihak perusahaan. Pihak perusahaan yang diberikan kuisisioner merupakan pihak-pihak yang dapat merepresentasikan perusahaan yang dalam kasus ini adalah PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4. Terdapat 3 orang yang mengisi kuisisioner yaitu:

1. Bapak Yahya selaku supervisor senior rendal op PLTU
2. Bapak Hilman selaku supervisor senior system owner
3. Bapak Sunarto selaku senior engineer operasi

Orang-orang tersebut merupakan *expert* dalam bidang operasi pembangkitan energi listrik. Pembobotan pada setiap orang dianggap sama yaitu 33.33% karena tingkat pengetahuan dari masing-masing orang sama dan memiliki

pengaruh yang sama dalam pengambilan keputusan kebijakan yang akan diambil PT. PJB UP Gresik.

Tabel 6. 2 Rekap data kriteria rekomendasi

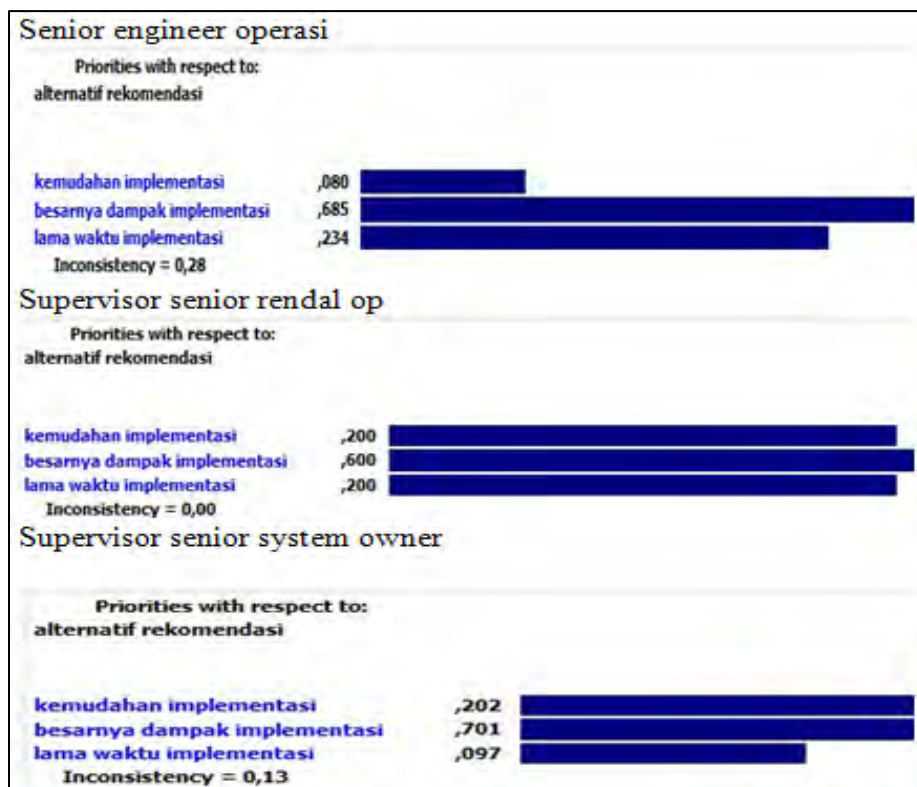
Supervisor senior rental op PLTU										
Kemudahan implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Besarnya dampak implementasi
Besarnya dampak implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lama waktu implementasi
Lama waktu implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kemudahan implementasi
Senior engineer operasi										
Kemudahan implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Besarnya dampak implementasi
Besarnya dampak implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lama waktu implementasi
Lama waktu implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kemudahan implementasi
Supervisor senior system owner										
Kemudahan implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Besarnya dampak implementasi
Besarnya dampak implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lama waktu implementasi
Lama waktu implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kemudahan implementasi

Pada tabel 6.2 menunjukkan rekap pemilihan kriteria rekomendasi yang diisi oleh responden. Nilai tersebut akan menjadi *input* didalam *software expert choice 2000*. Pada *software expert choice 2000* digunakan modul participant untuk mencari bobot kriteria. Modul *participant* dapat mengkombinasikan bobot untuk multiresponden.

Senior engineer operasi			
	kemudahan implementasi	besarnya dampak implementasi	lama waktu implementasi
kemudahan implementasi		5,0	5,0
besarnya dampak implementasi			5,0
lama waktu implementasi	Incon: 0,28		
Supervisor senior rendal op			
	kemudahan implementasi	besarnya dampak implementasi	lama waktu implementasi
kemudahan implementasi		3,0	1,
besarnya dampak implementasi			3,
lama waktu implementasi	Incon: 0,00		
Supervisor senior system owner			
	kemudahan implementasi	besarnya dampak implementasi	lama waktu implementasi
kemudahan implementasi		5,0	3,0
besarnya dampak implementasi			5,0
lama waktu implementasi	Incon: 0,13		

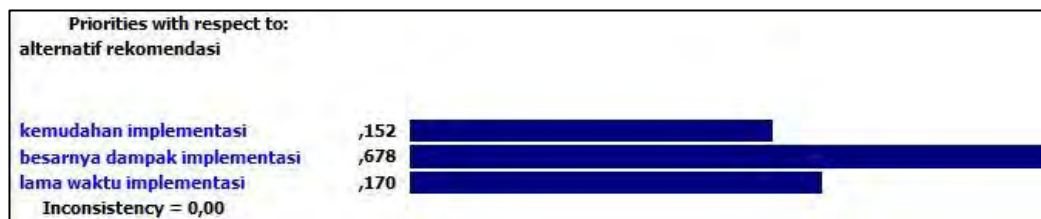
Gambar 6. 2 Input data kriteria rekomendasi pada *software expert choice 2000*

Pada gambar 6.2 menunjukkan input data yang dilakukan pada *software expert choice 2000*. Data yang diinput pada *software* merupakan data hasil kuisioner dari masing-masing jabatan yaitu Supervisor senior rendal op, Supervisor senior system owner, dan Senior engineer operasi. Sehingga didapatkan bobot dari masing-masing kriteria rekomendasi.



Gambar 6. 3 *Output* bobot kriteria rekomendasi pada *software expert choice 2000*

Pada gambar 6.3 menunjukkan output bobot kriteria rekomendasi untuk masing-masing jabatan. Output bobot tersebut lalu dikombinasikan sehingga muncul nilai bobot yang dapat merepresentasikan ketiga responden untuk masing-masing kriteria rekomendasi.



Gambar 6. 4 Hasil kombinasi bobot kriteria rekomendasi pada *software expert choice 2000*

Pada gambar 6.4 merupakan hasil kombinasi dari ketiga responden untuk masing-masing bobot. Terlihat bahwa kriteria besarnya dampak implementasi memiliki nilai bobot tertinggi yaitu sebesar 0,678, diikuti oleh kriteria lama waktu implementasi yang memiliki nilai bobot sebesar 0,17 dan paling rendah adalah kriteria kemudahan implementasi dengan nilai bobot sebesar 0,152. Setelah itu dilakukan penilaian terhadap alternatif rekomendasi berdasarkan kriteria rekomendasi yang ada.

Tabel 6. 3 Rekap data alternatif rekomendasi

Supervisor senior rental op PLTU										
Kemudahan implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit

Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Besarnya dampak implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Lama waktu implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Senior engineer operasi										
Kemudahan implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem

laboratorium bahan bakar																			auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Besarnya dampak implementasi																			
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada turbin
Besarnya dampak implementasi																			
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Lama waktu implementasi																			
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9										Peremajaan komponen pembangkit

Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Supervisor senior system owner										
Kemudahan implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Besarnya dampak implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Lama waktu implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor

Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit

Pada tabel 6.3 merupakan rekap perbandingan *pairwise* dari alternatif rekomendasi yang dipilih oleh tiga responden. Rekap tersebut akan dijadikan *input* pada *software expert choice 2000* untuk mendapatkan bobot dari masing-masing rekomendasi. input data alternatif rekomendasi oleh Senior engineer operasi, Supervisor senior rendal op dan Supervisor senior system owner ditunjukkan oleh gambar 6.5, 6.6 dan 6.7.

Compare the relative importance with respect to: kemudahan implementasi					
	pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	perawatan khusus pada condensor	perawatan pada sistem auxiliary	perawatan khusus pada turbin	peremajaan komponen pembangkit
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar		5,0	3,0	5,0	9,0
perawatan khusus pada condensor			5,0	1,0	5,0
perawatan pada sistem auxiliary				3,0	7,0
perawatan khusus pada turbin					5,0
peremajaan komponen pembangkit					
Incons: 0,00					
Compare the relative importance with respect to: besarnya dampak implementasi					
	pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	perawatan khusus pada condensor	perawatan pada sistem auxiliary	perawatan khusus pada turbin	peremajaan komponen pembangkit
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar		5,0	7,0	5,0	9,0
perawatan khusus pada condensor			5,0	1,0	5,0
perawatan pada sistem auxiliary				5,0	5,0
perawatan khusus pada turbin					5,0
peremajaan komponen pembangkit					
Incons: 0,15					
Compare the relative importance with respect to: lama waktu implementasi					
	pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	perawatan khusus pada condensor	perawatan pada sistem auxiliary	perawatan khusus pada turbin	peremajaan komponen pembangkit
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar		5,0	5,0	5,0	7,0
perawatan khusus pada condensor			5,0	1,0	7,0
perawatan pada sistem auxiliary				5,0	7,0
perawatan khusus pada turbin					7,0
peremajaan komponen pembangkit					
Incons: 0,10					

Gambar 6. 5 Input data alternatif rekomendasi Senior engineer operasi pada *software expert choice 2000*

Selanjutnya merupakan *input* data Supervisor senior rental op PLTU pada *software expert choice 2000*.

Compare the relative importance with respect to: kemudahan implementasi					
	pemberian sertifikasi untuk perawatan khusus pada condens	perawatan pada sistem au	perawatan	peremajaan	
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9,0	7,0	9,0	1,0	
perawatan khusus pada condensor		5,0	5,0	5,0	
perawatan pada sistem auxiliary			1,0	3,0	
perawatan khusus pada turbin				3,0	
peremajaan komponen pembangkit	jumlah: 9,00				
Compare the relative importance with respect to: besarnya dampak implementasi					
	pemberian sertifikasi untuk perawatan khusus pada condens	perawatan pada sistem au	perawatan	peremajaan	
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9,0	7,0	7,0	3,0	
perawatan khusus pada condensor		9,0	1,0	3,0	
perawatan pada sistem auxiliary			3,0	3,0	
perawatan khusus pada turbin				1,0	
peremajaan komponen pembangkit	jumlah: 9,20				
Compare the relative importance with respect to: lama waktu implementasi					
	pemberian sertifikasi untuk perawatan khusus pada condens	perawatan pada sistem au	perawatan	peremajaan	
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	3,0	3,0	3,0	3,0	
perawatan khusus pada condensor		3,0	3,0	3,0	
perawatan pada sistem auxiliary			3,0	1,0	
perawatan khusus pada turbin				1,0	
peremajaan komponen pembangkit	jumlah: 8,70				

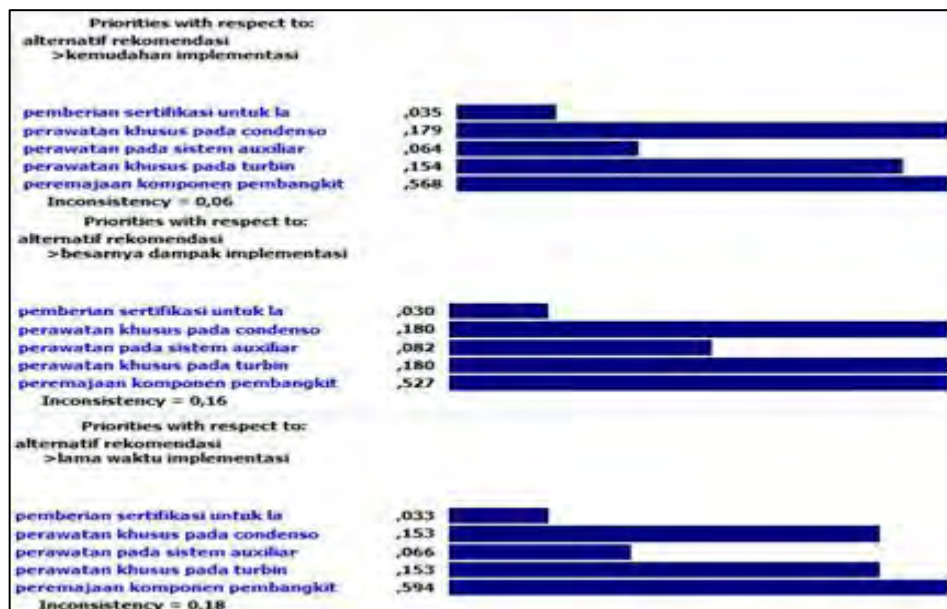
Gambar 6. 6 *Input* data alternatif rekomendasi Supervisor senior rental op PLTU pada *software expert choice 2000*

Selanjutnya merupakan *input* data Supervisor senior system owner pada *software expert choice 2000*.

Compare the relative importance with respect to: kemudahan implementasi					
	pemberian sertifikasi	perawatan khusus pada condens	perawatan pada sistem au	perawatan kt	peremajaan
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	3,0	3,0	3,0	3,0	
perawatan khusus pada condensor		5,0	5,0	1,0	
perawatan pada sistem auxiliary			3,0	3,0	
perawatan khusus pada turbin					3,0
peremajaan komponen pembangkit	jumlah: 8,20				
Compare the relative importance with respect to: besarnya dampak implementasi					
	pemberian sertifikasi	perawatan khusus pada condens	perawatan pada sistem au	perawatan kt	peremajaan
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	5,0	5,0	7,0	7,0	
perawatan khusus pada condensor		5,0	3,0	3,0	
perawatan pada sistem auxiliary			3,0	3,0	
perawatan khusus pada turbin					3,0
peremajaan komponen pembangkit	jumlah: 9,20				
Compare the relative importance with respect to: lama waktu implementasi					
	pemberian sertifikasi	perawatan khusus pada condens	perawatan pada sistem au	perawatan kt	peremajaan
pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	3,0	3,0	3,0	3,0	
perawatan khusus pada condensor		3,0	3,0	3,0	
perawatan pada sistem auxiliary			3,0	3,0	
perawatan khusus pada turbin					1,0
peremajaan komponen pembangkit	jumlah: 8,70				

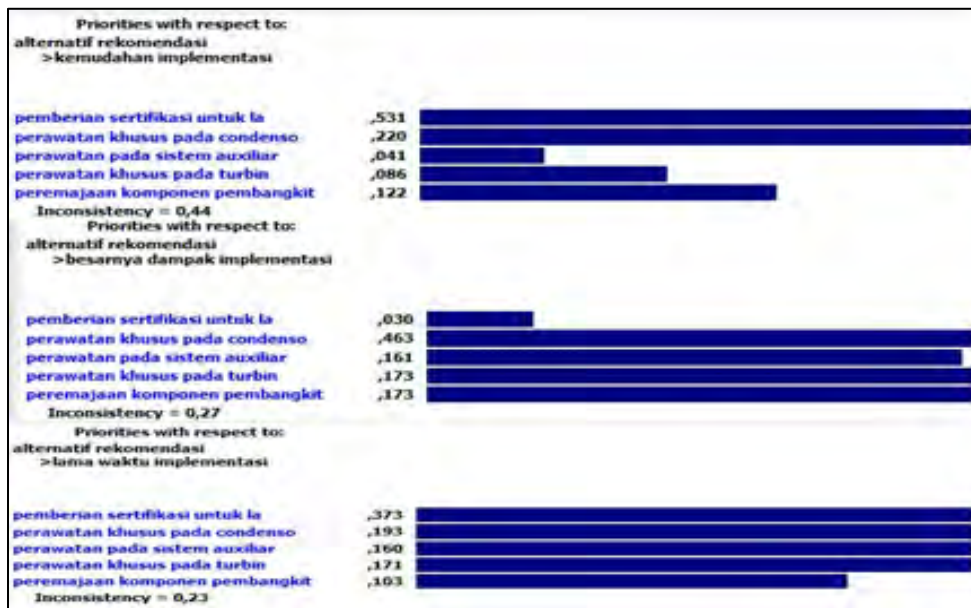
Gambar 6. 7 *Input* data alternatif rekomendasi Supervisor senior system owner pada *software expert choice 2000*

Pada gambar 6.5, 6.6 dan 6.7 merupakan *input* data untuk alternatif rekomendasi dari tiga responden perusahaan pada *software expert choice 2000*. Selanjutnya, akan didapatkan bobot dari masing-masing alternatif rekomendasi. bobot alternatif rekomendasi dari tiga responden yaitu Senior engineer operasi, Supervisor senior rendal op PLTU, dan Supervisor senior system owner ditunjukkan pada gambar 6.8, 6.9 dan 6.10.



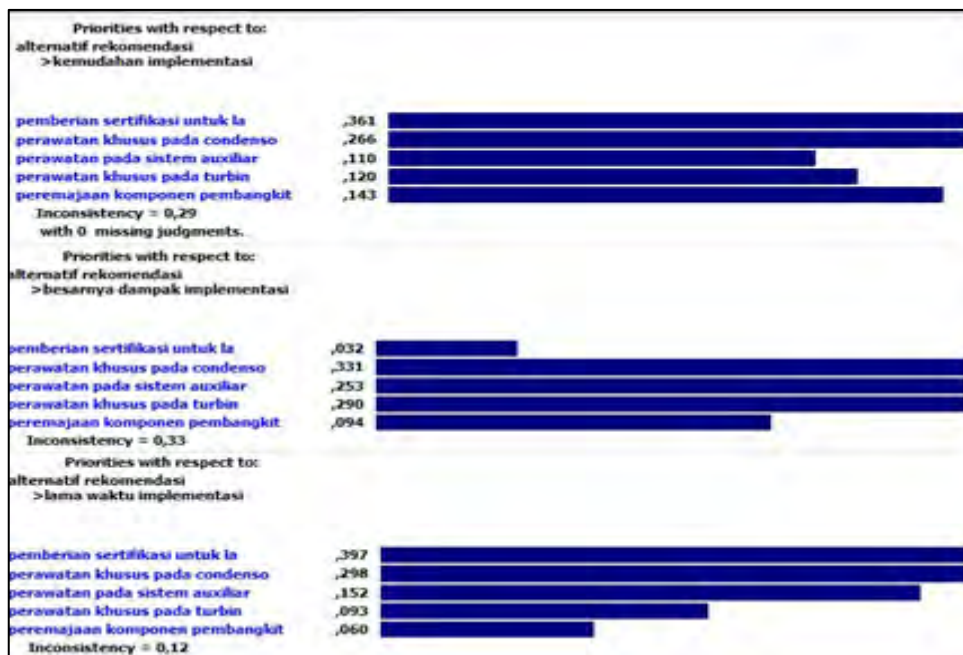
Gambar 6. 8 *Output* bobot alternatif rekomendasi Senior engineer operasi pada *software expert choice 2000*

Selanjutnya merupakan bobot alternatif rekomendasi Supervisor senior rendal op PLTU pada *software expert choice 2000*.



Gambar 6. 9 *Output* bobot alternatif rekomendasi Supervisor senior rendal op PLTU pada *software expert choice 2000*

Selanjutnya merupakan bobot alternatif rekomendasi Supervisor senior rendal op PLTU pada *software expert choice 2000*.



Gambar 6. 10 *Output* bobot alternatif rekomendasi Supervisor senior system owner pada *software expert choice 2000*

Pada gambar 6.8, 6.9, dan 6.10 merupakan bobot dari alternatif rekomendasi untuk tiga responden. Bobot alternatif rekomendasi tersebut lalu dikombinasikan sehingga didapatkan bobot yang merepresentasikan masing-masing alternatif rekomendasi.



Gambar 6. 11 Hasil kombinasi bobot alternatif rekomendasi pada *software expert choice 2000*

Pada gambar 6.11 merupakan bobot alternatif rekomendasi hasil kombinasi. Bobot tersebut dinilai dengan kriteria rekomendasi sehingga didapat nilai subjektif faktor dari alternatif rekomendasi. rumus yang digunakan adalah persamaan 2:

$$SF_i = w_1 * Ri_1 + w_2 * Ri_2 + \dots + w_n * Ri_n \dots \dots \dots (Persamaan 2)$$

Ket: SF_i = Faktor subjektif rekomendasi ke i

Ri_n = Nilai rekomendasi i pada kriteria ke n

w_n = Bobot dari kriteria n

Tabel 6. 4 Faktor subjektif alternatif rekomendasi

Alternatif rekomendasi	Bobot			Kriteria rekomendasi			SF
				A	B	C	
	A	B	C	0,678	0,17	0,152	
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	0,035	0,221	0,244	0,024	0,038	0,037	0,098
Perawatan khusus pada condensor	0,352	0,274	0,280	0,239	0,047	0,043	0,328

Perawatan pada sistem <i>auxiliary</i>	0,154	0,145	0,087	0,104	0,025	0,013	0,142
Perawatan khusus pada turbin	0,232	0,163	0,141	0,157	0,028	0,021	0,206
Peremajaan komponen pembangkit	0,227	0,197	0,248	0,154	0,033	0,038	0,225

Perhitungan faktor subjektif alternatif rekomendasi pada tabel 6.4 menunjukkan pada alternatif rekomendasi perawatan khusus pada *condensor* memiliki bobot tertinggi yaitu sebesar 0,328, lalu untuk peremajaan komponen pembangkit memiliki bobot sebesar 0,225, dan pada perawatan khusus pada turbin memiliki nilai bobot sebesar 0,206, lalu diikuti oleh perawatan pada sistem *auxiliary* memiliki nilai bobot sebesar 0,142 dan terakhir pemberian sertifikasi laboratorium bahan bakar dengan nilai bobot terkecil sebesar 0,098.

6.1.2 Faktor objektif

Pemilihan faktor objektif dilakukan dengan cara melihat biaya dan keuntungan dari masing-masing alternatif rekomendasi. Setiap biaya yang ada lalu disetarakan dengan menggunakan NPV dalam kurun waktu 15 tahun dengan rumus persamaan 4 sebagai berikut:

$$NPV = \sum F (1+i)^{-n} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 4)}$$

Ket : NPV = *net present value*

F = *future worth* (nilai mendatang)

i = tingkat bunga efektif

= 7,5 % berdasarkan BI *rate* tahun 2015 (Bank Indonesia, 2015)

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung biaya dan dampak dari masing-masing alternatif rekomendasi.

1. Sertifikasi laboratorium bahan bakar

Sertifikasi bahan bakar memiliki beberapa komponen biaya yaitu biaya persiapan, biaya implementasi awal, biaya *training*, dan biaya pembaharuan. Biaya persiapan hanya keluar satu kali pada saat akan dilakukan sertifikasi yaitu sebesar Rp. 300.000.000. Biaya implementasi awal merupakan biaya pada saat dilakukannya kalibrasi pada peralatan laboratorium, biaya yang keluar adalah sebesar Rp. 1.200.000.000. Training pegawai juga dilakukan untuk meningkatkan

kemampuan pekerja pada saat pengoperasian peralatan laboratorium, training dilakukan 2 kali dan masing-masing training mengeluarkan biaya Rp. 10.000.000 sehingga biaya yang harus dikeluarkan sebesar:

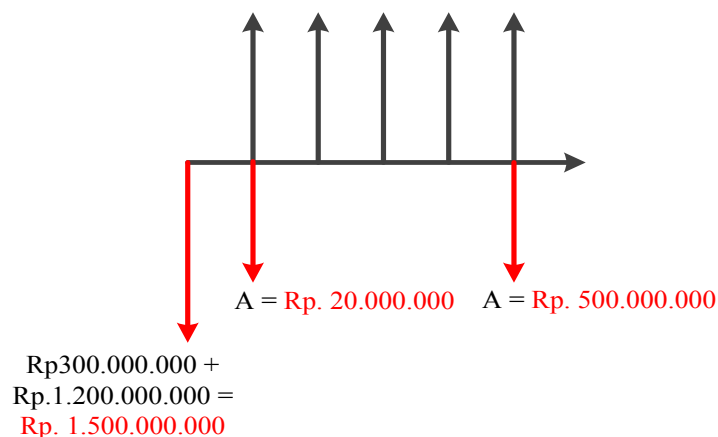
Rp. 10.000.000 x 2 kali jumlah pelatihan = Rp. 20.000.000.

Sertifikasi hanya bertahan selama 5 tahun, maka setiap 5 tahun dilakukan kalibrasi ulang dengan biaya sebesar Rp. 500.000.000. Selain biaya yang harus dikeluarkan perusahaan, diberlakukannya rekomendasi ini akan berdampak pada pemasukan sebesar Rp. 79.346.671.567 per tahun (perhitungan dilampirkan) sebagai dampak positif dari spesifikasi bahan bakar yang sudah sesuai. Komponen biaya tersebut merupakan estimasi biaya yang diberikan oleh perusahaan pada saat implementasi alternatif rekomendasi tersebut. Komponen biaya dan *cashflow* dari rekomendasi sertifikasi laboratorium bahan bakar ditunjukkan oleh tabel 6.5 dan gambar 6.12.

Tabel 6. 5 Komponen biaya sertifikasi bahan bakar

Sertifikasi bahan bakar pada laboratorium bahan bakar			
Pengeluaran		Pemasukan	
Biaya implementasi awal	Rp1.200.000.000	Penghematan	Rp79.347.286.437
Biaya training pegawai	Rp20.000.000		
Biaya pembaharuan sertifikat	Rp500.000.000		
Biaya persiapan sertifikasi	Rp300.000.000		

$$A = \text{Rp}79.347.286.437$$



Gambar 6. 12 *Cashflow* sertifikasi bahan bakar

Selanjutnya dilakukan perhitungan NPV pada komponen biaya alternatif rekomendasi pemberian sertifikasi pada laboratorium bahan bakar. Perhitungan NPV sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{NPV} = & - \text{Rp. } 1.500.000.000 + (\text{Rp}79.347.286.437/(1+0,075)^1 + \dots + \\ & ((\text{Rp}79.347.286.437/(1+0,075)^{15}) - (\text{Rp}20.000.000/(1+0,075)^1) - \\ & (\text{Rp}500.000.000/(1+0,075)^5 + \dots + (\text{Rp}500.000.000/(1+0,075)^{15})) = \\ & \text{Rp}697.587.735.955,40 \end{aligned}$$

2. Perawatan khusus pada *condensor*

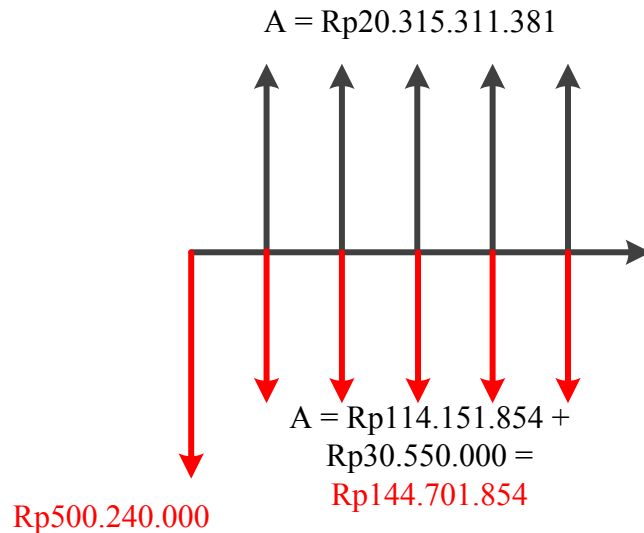
Perawatan pada *condensor* memiliki beberapa komponen biaya yaitu pembersihan rutin pada *condensor*, perbaikan *condensor* dan pengecekan berkala. Pembersihan rutin *condensor* merupakan salah satu kegiatan *preventive maintenance* yang dilakukan untuk menjaga kinerja *condensor*, pembersihan ini dilakukan 1 kali setiap 1 tahun dengan biaya Rp114.151.854. Perbaikan *condensor* difokuskan pada masalah derating yang terjadi pada *condensor*, perbaikan dilakukan bertahap selama 1 dengan biaya sebesar Rp500.240.000. pengecekan berkala dilakukan untuk menjaga kinerja dari *condensor* dan dilakukan setiap 4 bulan sekali dengan biaya sebesar Rp10.183.333 sehingga biaya yang dikeluarkan selama 1 tahun adalah:

$$\text{Rp}10.183.333 \times 3 \text{ kali pengecekan pertahun} = \text{Rp}30.550.000.$$

Selain biaya yang harus dikeluarkan perusahaan, terdapat pula penghematan yang terjadi karena dilakukannya rekomendasi ini yaitu sebesar Rp20.315.311.381 per tahun (perhitungan dilampirkan) sebagai konsekuensi positif karena diterapkannya rekomendasi ini. Dampak pengurangan biaya tersebut didapatkan dari *brainstorming* dengan perusahaan dengan cara pengurangan dampak *losses* pada komponen sebesar 70%. Komponen biaya dan *cashflow* dari rekomendasi perawatan khusus pada *condensor* ditunjukkan pada tabel 6.6 dan gambar 6.13.

Tabel 6. 6 Komponen biaya perawatan khusus pada *condensor*

Perawatan khusus pada <i>condensor</i>			
Pengeluaran		Pemasukan	
Pembersihan <i>condensor</i>	Rp114.151.854	Penghematan	Rp20.315.311.381
Perbaikan karena derating	Rp500.240.000		
Pengecekan secara berkala	Rp30.550.000		



Gambar 6. 13 *Cashflow* perawatan khusus pada *condensor*

Selanjutnya dilakukan perhitungan NPV pada komponen biaya alternatif rekomendasi perawatan khusus pada *condensor*. Perhitungan NPV sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{NPV} = & - \text{Rp. } 500.240.000 + (\text{Rp}20.315.311.381/(1+0,075)^1 + \dots + \\ & ((\text{Rp}20.315.311.381/(1+0,075)^{15}) - (\text{Rp}144.701.854/(1+0,075)^1 + \dots + \\ & ((\text{Rp}144.701.854/(1+0,075)^{15}) = \text{Rp}177.548.145.624,49 \end{aligned}$$

3. Perawatan pada sistem *auxiliary*

Perawatan pada sistem *auxiliary* memiliki komponen biaya pembersihan komponen, perbaikan komponen dan pengecekan secara berkala. Pembersihan komponen *auxiliary* merupakan kegiatan yang berkala yang dilakukan 1 kali pertahun dan mengeluarkan biaya sebesar Rp194.800.000 pertahun. Perbaikan komponen ditujukan pada komponen-komponen yang mengalami masalah, estimasi biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki komponen-komponen pada sistem *auxiliary* adalah sebesar Rp 430.500.000. pengecekan secara berkala bertujuan untuk menjaga kinerja dari sistem *auxiliary*, pengecekan dilakukan 4

bulan sekali dengan biaya Rp15.200.000. Sehingga biaya yang harus dikeluarkan pertahun untuk pengecekan rutin adalah

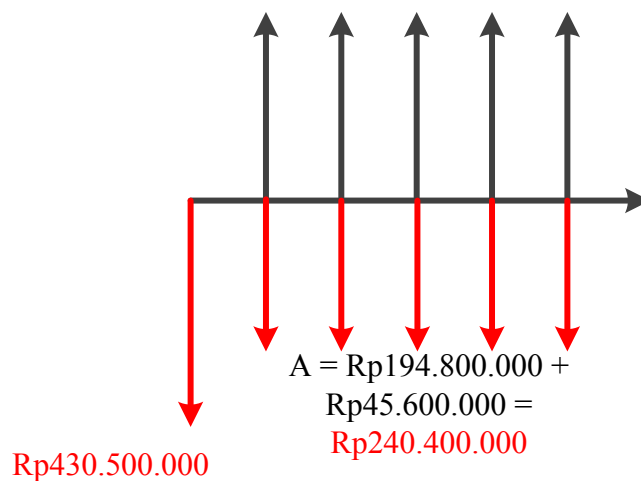
$$\text{Rp}15.200.000 \times 3 \text{ kali pengecekan pertahun} = \text{Rp } 45.600.000$$

Selain biaya yang harus dikeluarkan perusahaan, terdapat pula penghematan yang terjadi karena dilakukannya rekomendasi ini yaitu sebesar Rp 60.060.657.745 per tahun (perhitungan dilampirkan). Pengurangan biaya tersebut didapatkan dari pengurangan dampak dari permasalahan pada sistem *auxiliary* sebesar 70%. Komponen biaya dan *cashflow* dari rekomendasi perawatan pada sistem *auxiliary* ditunjukkan pada tabel 6.7 dan gambar 6.14.

Tabel 6. 7 Komponen biaya perawatan pada sistem *auxiliary*

Perawatan pada sistem <i>auxiliary</i>			
Pengeluaran		Pemasukan	
Pembersihan rutin	Rp194.800.000	Penghematan	Rp 60.060.657.745
Pengecekan secara berkala	Rp 45.600.000		
Perbaikan komponen	Rp 430.500.000		

$$A = \text{Rp}60.060.657.745$$



Gambar 6. 14 *Cashflow* perawatan pada sistem *auxiliary*

Selanjutnya dilakukan perhitungan NPV pada komponen biaya alternatif rekomendasi perawatan pada sistem *auxiliary*. Perhitungan NPV sebagai berikut:

$$\begin{aligned} NPV = & - \text{Rp } 430.500.000 + (\text{Rp}60.060.657.745/(1+0,075)^1 + \dots + \\ & ((\text{Rp}60.060.657.745/(1+0,075)^{15}) - (\text{Rp}240.000.000/(1+0,075)^1 + \dots + \\ & ((\text{Rp}240.000.000/(1+0,075)^{15}) = \text{Rp}527.610.078.297,65 \end{aligned}$$

4. Perawatan khusus pada turbin

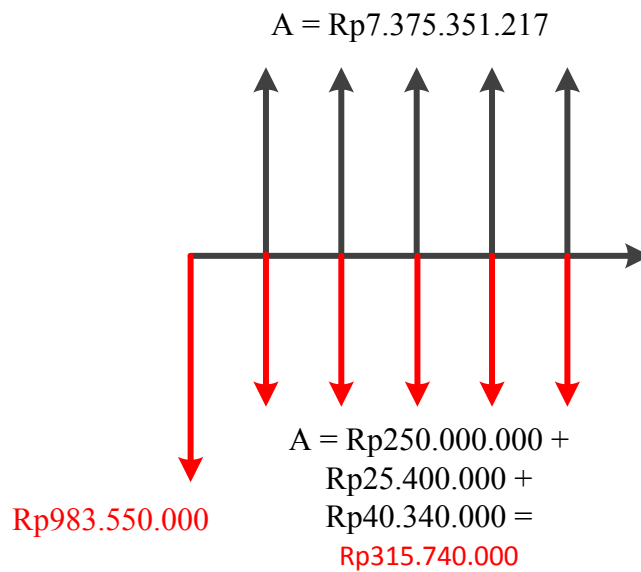
Perawatan khusus pada turbin memiliki komponen biaya pembersihan turbin, perbaikan pada komponen turbin dan pelumasan pada rotor serta pengecekan berkala. Pembersihan turbin merupakan salah satu kegiatan *preventive maintenance* yang dilakukan perusahaan dan dilakukan 1 kali pertahun, biaya yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp250.000.000. Perbaikan komponen turbin berfokus pada kinerja turbin dan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp983.550.000. Pelumasan rotor dilakukan berkala 1 kali per tahun, biaya yang dikeluarkan untuk ini adalah sebesar Rp25.400.000. pengecekan berkala dilakukan untuk menjaga kinerja turbin, pengecekan dilakukan setiap 4 bulan dengan biaya sebesar Rp13.446.667, sehingga biaya yang dikeluarkan pertahun oleh perusahaan adalah:

$$\text{Rp}13.446.667 \times 3 \text{ kali pengecekan pertahun} = \text{Rp}40.340.000$$

Selain biaya yang harus dikeluarkan perusahaan, terdapat pula penghematan yang terjadi karena dilakukannya rekomendasi ini yaitu sebesar Rp7.375.351.217 per tahun. Biaya ini didapatkan dengan cara mengurangi dampak dari komponen ini sebesar 70%. Komponen biaya dan *cashflow* dari rekomendasi perawatan khusus pada turbin ditunjukkan pada tabel 6.8 dan gambar 6.15.

Tabel 6. 8 Komponen biaya perawatan khusus pada turbin

Perawatan khusus pada turbin			
Pengeluaran		Pemasukan	
Pembersihan turbin berkala	Rp250.000.000	Penghematan	Rp7.375.351.217
Perbaikan komponen	Rp983.550.000		
Pelumasan rotor	Rp25.400.000		
Pengecekan secara berkala	Rp40.340.000		



Gambar 6. 15 cashflow perawatan khusus pada turbin

Selanjutnya dilakukan perhitungan NPV pada komponen biaya alternatif rekomendasi perawatan khusus pada turbin. Perhitungan NPV sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{NPV} &= - \text{Rp}983.550.000 + \left(\text{Rp}7.375.351.217 / (1+0,075)^1 + \dots + \right. \\
 &\left. ((\text{Rp}7.375.351.217 / (1+0,075)^{15}) - (\text{Rp}315.740.000 / (1+0,075)^1 + \dots + \right. \\
 &\left. ((\text{Rp}315.740.000 / (1+0,075)^{15}) = \text{Rp}61.332.483.569,66
 \end{aligned}$$

5. Peremajaan komponen pembangkit

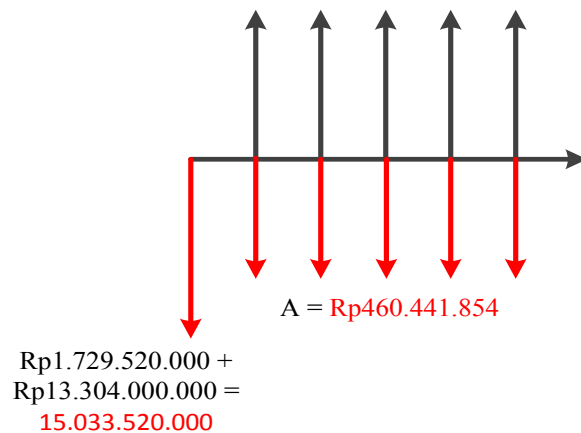
Peremajaan komponen merupakan pembelian komponen yang dianggap kritis dalam kasus ini adalah *condensor* dan turbin serta perawatan rutin pada komponen tersebut. *Condensor* memiliki harga Rp. 1.729.520.000 dengan umur ekonomis 15 tahun sedangkan turbin memiliki harga Rp. 13.304.000.000 dengan umur ekonomis 15 tahun. Perawatan rutin juga dibutuhkan untuk menjaga kinerja unit pembangkit, biaya yang harus dikeluarkan adalah sebesar Rp460.441.854 untuk kedua komponen pertahun. Selain biaya yang harus dikeluarkan perusahaan, terdapat pula penghematan yang terjadi karena dilakukannya rekomendasi ini yaitu sebesar Rp. 39.543.228.021 (perhitungan penghematan dilampirkan). Biaya penghematan tersebut didapat dari penghilangan dampak yang ditimbulkan karena komponen yang dipakai merupakan komponen baru. Biaya pembelian *condensor* dan turbin tersebut merupakan estimasi dari

perusahaan. Komponen biaya dan *cashflow* dari rekomendasi peremajaan komponen pembangkit ditunjukkan pada tabel 6.9 dan gambar 6.16.

Tabel 6. 9 Komponen biaya peremajaan komponen pembangkit

Peremajaan komponen pembangkit			
Pengeluaran		Pemasukan	
Pembelian <i>condensor</i>	Rp. 1.729.520.000	Penghematan	Rp. 39.543.228.021
Pembelian turbin	Rp. 13.304.000.000		
Perawatan rutin	Rp460.441.854		

$$A = \text{Rp}39.558.089.426$$



Gambar 6. 16 *Cashflow* peremajaan komponen pembangkit

Selanjutnya dilakukan perhitungan NPV pada komponen biaya alternatif rekomendasi perawatan khusus pada turbin. Perhitungan NPV sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{NPV} = & - \text{Rp}15.033.520.000 + (\text{Rp. } 39.543.228.021 / (1+0,075)^1 + \dots + \\ & ((\text{Rp}.39.543.228.021 / (1+0,075)^{15}) - (\text{Rp}460.441.854 / (1+0,075)^1 + \dots + \\ & ((\text{Rp}460.441.854 / (1+0,075)^{15}) = \text{Rp}61.332.483.569,66 \end{aligned}$$

Berdasarkan *cashflow* dari masing-masing rekomendasi didapatkan bahwa alternatif dengan nilai NPV paling menguntungkan adalah perawatan pada sistem *auxiliary* dengan nilai NPV Rp529.329.601.223,98. Rekomendasi ini paling menguntungkan jika dibandingkan dengan rekomendasi peremajaan komponen pembangkit dengan nilai NPV Rp330.086.096.869,16, diikuti rekomendasi pemberian sertifikasi pada laboratorium bahan bakar dengan nilai NPV Rp219.476.067.450,92, selanjutnya diikuti rekomendasi perawatan khusus pada *condensor* dengan nilai NPV Rp177.548.145.624,49, dan yang

terakhir adalah rekomendasi perawatan khusus pada turbin dengan nilai NPV Rp61.332.483.569,66.

NPV yang sudah dihitung, digunakan untuk menghitung faktor objektif. Faktor objektif dihitung dengan menggunakan rumus:

$$OF_i = (C_i \sum (1/C_i))^{-1}$$

Ket : OF_i = faktor objektif rekomendasi ke i

C_i = biaya rekomendasi ke i

Rumus tersebut berlaku ketika biaya berdasarkan *cost based*, ketika menggunakan *profit based* maka rumus dikalikan minus satu (-1). Perhitungan faktor objektif untuk alternatif rekomendasi ditunjukkan oleh tabel 6.10.

Tabel 6. 10 Faktor objektif alternatif rekomendasi

Alternatif rekomendasi	C_i	$1/C_i$	OF_i
Pemberian sertifikasi pada laboratorium bahan bakar	Rp697.587.735.955,40	1,43351E-12	-0,0506
Perawatan khusus pada <i>condensor</i>	Rp177.548.145.624,49	5,63228E-12	-0,1991
Perawatan pada sistem <i>auxiliary</i>	Rp527.610.078.297,65	1,89534E-12	-0,067
Perawatan khusus pada turbin	Rp61.332.483.569,66	1,63046E-11	-0,5762
Peremajaan komponen	Rp330.086.096.869,16	3,02951E-12	-0,1071
Total $1/C_i$		3,14118e-11	

6.2 Pemilihan alternatif rekomendasi

Alternatif rekomendasi dipilih dengan cara mengkombinasikan nilai faktor subjektif dan faktor objektif dengan menggunakan metode Brow-Gibson. Perhitungan faktor subjektif dan faktor objektif yang sudah dilakukan di subbab sebelumnya pada tabel 6.4 dan tabel 6.10.

Tabel 6. 4 Faktor subjektif alternatif rekomendasi

Alternatif rekomendasi	Bobot			Kriteria rekomendasi			SF
				A	B	C	
	A	B	C	0,678	0,17	0,152	
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	0,035	0,221	0,244	0,024	0,038	0,037	0,098
Perawatan khusus pada <i>condensor</i>	0,352	0,274	0,280	0,239	0,047	0,043	0,328

Alternatif rekomendasi	Bobot			Kriteria rekomendasi			SF
				A	B	C	
	A	B	C	0,678	0,17	0,152	
Perawatan pada sistem <i>auxiliary</i>	0,154	0,145	0,087	0,104	0,025	0,013	0,142
Perawatan khusus pada turbin	0,232	0,163	0,141	0,157	0,028	0,021	0,206
Peremajaan komponen pembangkit	0,227	0,197	0,248	0,154	0,033	0,038	0,225

Selanjutnya merupakan faktor objektif dari semua alternatif rekomendasi yang sudah dihitung pada sub-bab sebelumnya:

Tabel 6. 10 Faktor objektif alternatif rekomendasi

Alternatif rekomendasi	Ci	1/Ci	OFi
Pemberian sertifikasi pada laboratorium bahan bakar	Rp697.587.735.955,40	1,43351E-12	-0,0506
Perawatan khusus pada <i>condensor</i>	Rp177.548.145.624,49	5,63228E-12	-0,1991
Perawatan pada sistem <i>auxiliary</i>	Rp527.610.078.297,65	1,89534E-12	-0,067
Perawatan khusus pada turbin	Rp61.332.483.569,66	1,63046E-11	-0,5762
Peremajaan komponen	Rp330.086.096.869,16	3,02951E-12	-0,1071
Total 1/Ci		3,14118e-11	

Nilai faktor subjektif dan faktor objektif yang sudah didapatkan, lalu dikombinasikan menggunakan Brown-Gibson Method untuk mencari nilai PM (*preference measure*) dengan rumus pada persamaan 3:

$$PM_i = (k * OF_i) + ((1-k) * SF_i) \dots\dots\dots (Persamaan 3)$$

Ket: PM = *Preference measure* untuk rekomendasi i

K = *Preference index*

Preference index didapatkan dari brainstorming dengan pihak perusahaan. Pihak perusahaan menyarankan untuk lebih mempertimbangkan faktor subjektif. Hal tersebut membuat *preference index* untuk faktor subjektif lebih besar dari pada faktor subjektif. Nilai *preference index* faktor subjektif

dipakai acuan dalam melakukan *sensitivity analysis*. Perhitungan PM untuk masing-masing rekomendasi ditunjukkan oleh tabel 6.11.

Tabel 6. 11 *Preference measure* alternatif rekomendasi

Alternatif rekomendasi	SF	OF	PM (65:35)	PM (60:40)	PM (55:45)
Pemberian sertifikasi pada laboaratorium bahan bakar	0,098	-0,051	0,0462	0,0388	0,0313
Perawatan khusus pada <i>condensor</i>	0,328	-0,199	0,1434	0,1171	0,0907
Perawatan pada sistem <i>auxiliary</i>	0,142	-0,067	0,0690	0,0586	0,0481
Perawatan khusus pada turbin	0,206	-0,576	-0,0675	-0,1066	0,1458
Peremajaan komponen	0,225	-0,107	0,1088	0,0922	0,0756

Berdasarkan perhitungan PM pada tabel 6.11 didapatkan alternatif yang pertama adalah perawatan khusus pada *condensor*, alternatif kedua adalah peremajaan komponen, alternatif ketiga adalah perawatan pada sistem *auxiliary*, alternatif keempat adalah pemberian sertifikasi pada laboratorium bahan bakar, dan alternatif kelima adalah perawatan khusus pada turbin.

6.3 Analisa alternatif rekomendasi terpilih

Analisa pada alternatif rekomendasi terpilih bertujuan untuk mengetahui dampak dari penerapan alternatif rekomendasi, baik itu dari segi biaya maupun dari segi peningkatan efisiensi 6.12.

Dampak penerapan alteratif rekomendasi dari segi biaya berupa penghematan yang terjadi karena telah diimplementasikannya rekomendasi ini. Pada alternatif rekomendasi perawatan khusus pada *condensor* memberikan penghematan sebesar Rp20.315.311.381 pertahun. Nilai penghematan tersebut didapatkan berdasarkan pengurangan dampak sebesar 70% dari *losses* energi karena proses perawatan yang sudah baik.

Pada dampak peningkatan efisiensi unit, penerapan rekomendasi perawatan khusus pada *condensor* membuat efisiensi PLTU unit 4 meningkat.

Peningkatan efisiensi dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 7 dan ditunjukkan pada tabel 6.12.

$$\text{Heat gas} = \text{gas flow (Nm}^3) \times 37,3248 \text{ (SCF/NM}^3) \times \text{HHV (Btu/SCF)} \times 0,252 \text{ (Kcal/BTU)} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 7)}$$

Tabel 6. 12 Peningkatan efisiensi PLTU unit 4

Komponen penghematan	Nilai	Satuan
Penghematan rekomendasi perawatan khusus pada condensor	19,36116306	MMBtu/hr
	19361163,06	Btu
	Rp20.315.311.381	pertahun
Heat loss	4878931,186	Kcal/hr
Gas flow	495,5912724	NM3/hr
Auxiliary power	14136,74855	Kwh

Unit	Rata-rata kinerja	Dampak	Peningkatan
Load, MW	175,08		175,08
Generator Output, kW	175084,68		175084,68
Flow Bahan Bakar (NG), Nm3/hr	40458,55	495,591	39962,96
HHV NG, BTU/SCF	1046,65		1046,65
Net Plant Heat Rate, kCal/kWh	2474,72		2444,40584
Efisiensi	34,75%		35,18%
Peningkatan efisiensi			0,43%

Efisiensi unit 4 eksisting sebesar 34,75% diperkirakan meningkat menjadi 35,18% sehingga peningkatan yang terjadi sebesar 0,48%. Peningkatan tersebut memang kurang signifikan dikarenakan terdapat beberapa faktor yang perlu ditingkatkan sehingga dapat memberikan dampak yang signifikan.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengolahan data dan analisa terkait *waste* di PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4, terdapat 2 *waste* yang ada pada proses operasi yaitu *excessive processing* dan *defect*. Pada *waste excessive processing* terindikasi dari *sub-waste* pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak. Pemakaian bahan bakar yang terlalu banyak ini disebabkan oleh 2 hal. Pertama yaitu spesifikasi bahan bakar natural gas yang kurang sesuai dengan standar yang sudah diberikan, dan adanya *losses* yang terjadi pada beberapa komponen pembangkitan energi listrik. Sedangkan, pada *waste defect* terindikasi dari 2 *sub-waste* yaitu spesifikasi bahan bakar yang kurang sesuai dan *losses* yang terjadi pada komponen-komponen pembangkitan energi listrik. Penyebab dari *waste excessive processing* sama dengan *waste defect* karena *waste excessive processing* dipengaruhi oleh *waste defect*.
2. Rekomendasi yang cocok untuk permasalahan efisiensi pada PT. PJB UP Gresik PLTU unit 4 adalah perawatan khusus pada condensor. Rekomendasi ini memberikan 2 dampak yaitu penghematan biaya dan peningkatan efisiensi. Biaya yang tereduksi karena diterapkannya *waste* ini adalah sebesar Rp20.315.311.381 pertahun, sedangkan efisiensi unit 4 meningkat dari 34,75% menjadi 35,18% sehingga peningkatan yang terjadi sebesar 0,48%.

7.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini dan penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu adanya analisa lebih lanjut terkait kinerja unit agar peningkatan efisiensi lebih banyak.
2. *Maintenance* menjadi hal yang penting bagi PT. PJB karena umur komponen rata-rata lebih dari 25 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anityasari, M. & Wessiani, N. A., 2011. *Analisa Kelayakan Usaha*. 1st ed. Surabaya: Guna Widya.
- Arthur, J. 2011. *Lean Six Sigma Demystified : Hard Stuff Made Easy (2nd Edition)*, New York, Mc Graw Hill.
- Bank Indonesia, 2015. *Bank Indonesia*. [Online] Retrieved from: <http://www.bi.go.id/id/moneter/informasi-kurs/transaksibi/Default.aspx> [Accessed 30 March 2015].
- Bank Indonesia, 2015. *Bank Indonesia*. [Online] Available at: <http://www.bi.go.id/id/moneter/bi-rate/data/Default.aspx> [Accessed 17 June 2015].
- Bank Indonesia, 2015. *Bank Indonesia*. [Online] Available at: <http://www.bi.go.id/> [Accessed 4 June 2015].
- Badan Pusat Statistik, 2010. *Badan Pusat Statistik*. [Online] Retrieved from: http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&id_subyek=12 [Accessed 28 february 2015].
- Convertunits.com, 2015. *Convert Units*. [Online] Available at: <http://www.convertunits.com/> [Accessed 04 June 2015].
- Djojosoedarso, S. 1999. *Prinsip Manajemen Risiko dan Asuransi*. Jakarta: Salemba Empat
- Garspersz, V., 2006. *Continuous cost reduction through lean-sigma approach: strategi dramatik reduksi biaya dan pemborosan menggunakan pendekatan lean-sigma*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Hines, P. & Taylor, D. 2000. *Going Lean*, Cardiff, Lean Enterprise Research Centre
- Industribisnis.com, 2015. *Industri Bisnis*. [Online] Available at: <http://industri.bisnis.com/> [Accessed 4 June 2015].
- PLN, 2011. *PT PLN (Persero)*. [Online] Available at: <http://www.pln.co.id/blog/anak-perusahaan/> [Accessed 28 februray 2015].

- PMI. 2004. A Guide to the Project Management Of Body Knowledge (PMBOK Guide). USA.
- Pujawan, I. N., 2009. Ekonomi Teknik. 2nd ed. Surabaya: Guna Widya.
- Today, e., 2014. energi today. [Online] Available at: <http://energitoday.com/2014/04/01/kebutuhan-listrik-indonesia-tumbuh-84-per-tahun/> [Accessed 28 february 2015].
- Wedgwood, I. 2006. Lean Sigma: A Practitioner's Guide. Prentice Hall
- Womack, J. P. & Jones, D. T., 2007. *The Machine that changed the world: the story of lean production-Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. s.l.:Simon and Schuster
- S.Anand, 2014. Lean Management Technique in Power Plant Engineering. *Economics and Management Studies*, 1(1), pp. 27-31.
- Santosa, B. 2009. Manajemen Proyek. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Spekman, Robert E. and Davis, Edward W. (2004), "*Risky business : Expanding the discussion on risk and the extended enterprise*", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, vol. 34, no. 5, pp. 414-433.
- Standards Australia, 2004. *Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004*. 1st ed. Sydney: Standards International Ltd.

Lampiran

Lampiran 1 Kinerja unit

Unit	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
<i>Load, mw</i>	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07
<i>Generator output, kw</i>	175073,55	175073,55	175073,55	175073,55	175073,55	175073,55
<i>Flow bahan bakar (mfo), kg/hr</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Flow bahan bakar (ng), nm3/hr</i>	39376,35	39376,35	39376,35	39376,35	39376,35	39376,35
<i>Hhv ng, btu/scf</i>	1046,65	1046,65	1046,65	1046,65	1046,65	1046,65
<i>Net plant heat rate, kcal/kwh</i>	2474,72	2474,72	2474,72	2474,72	2474,72	2474,72
Operator controllable						
<i>Outlet gas temp, deg c</i>	103,16	102,11	109,46	103,49	99,69	101,23
<i>Orsat o2 gas in ah</i>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
<i>Main steam temperature, deg c</i>	540,56	540,45	538,90	540,17	518,61	540,50
<i>Hot reheat steam temperature, deg c</i>	538,75	538,38	538,48	539,01	525,85	538,85
<i>Main steam pressure, kg/cm2</i>	171,57	171,50	171,56	171,50	161,57	171,53
<i>Water spray to desh, %msf</i>	23,11	29,99	17,06	20,12	21,34	21,59
<i>Water spray to derh, %msf</i>	0,09	0,10	0,12	0,15	0,05	0,03
Turbine cycle component						
<i>Turbine efficiency</i>	36,73	36,73	36,73	36,73	36,73	36,73
<i>Lph1 ttd</i>	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74
<i>Lph2 ttd</i>	-5,14	-5,14	-5,14	-5,14	-5,14	-5,14

Unit	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
<i>Lph3 ttd</i>	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
<i>Lph4 ttd</i>	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
<i>Hph6 ttd</i>	-1,76	-1,76	-1,76	-1,76	-1,76	-1,76
<i>Hph7 ttd</i>	-7,14	-7,14	-7,14	-7,14	-7,14	-7,14
<i>Hph 8 ttd</i>	11,22	11,22	11,22	11,22	11,22	11,22
<i>Main steam flow</i>	472,27	472,27	472,27	472,27	472,27	472,27
<i>Reheat steam flow</i>	385,29	385,29	385,29	385,29	385,29	385,29
<i>Final temperature fw heater</i>	241,35	203,81	249,74	244,35	233,50	236,07
Unit controllable						
<i>Auxiliary power, kw</i>	0,25	0,25	0,24	7,94	7,43	7,66
<i>Condenser vacuum, mmhga</i>	65,09	66,15	71,64	70,99	108,61	65,45
Cycle component						
<i>%moisture in fuel</i>	0	0	0	0	0	0
<i>%h in fuel</i>	23,41	23,41	23,41	23,41	23,41	23,41
<i>Air heater leakage, %</i>	7,91	7,91	7,91	7,91	7,91	7,91
<i>Air heater effectiveness, %</i>	112,56	113,75	113,80	113,79	114,22	114,11
<i>Scah out temperature, deg c</i>						
<i>Make up water t/h</i>	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60

Unit	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
<i>Load, mw</i>	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07
<i>Generator output, kw</i>	175073,55	175073,55	175073,55	175073,55	175073,55	175073,55
<i>Flow bahan bakar (mfo), kg/hr</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Flow bahan bakar (ng), nm3/hr</i>	39376,35	39376,35	39376,35	39376,35	39376,35	39376,35
<i>Hhv ng, btu/scf</i>	1046,65	1046,65	1046,65	1046,65	1046,65	1046,65
<i>Net plant heat rate, kcal/kwh</i>	2474,72	2474,72	2474,72	2474,72	2474,72	2474,72
Operator controllable						
<i>Outlet gas temp, deg c</i>	93,93	94,66	102,23	108,97	98,98	102,97
<i>Orsat o2 gas in ah</i>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
<i>Main steam temperature, deg c</i>	538,09	537,53	540,51	539,90	533,71	540,58
<i>Hot reheat steam temperature, deg c</i>	537,33	536,90	538,79	538,70	528,81	538,84
<i>Main steam pressure, kg/cm2</i>	170,43	170,45	171,58	169,79	167,15	171,61
<i>Water spray to desh, %msf</i>	27,55	20,55	20,49	16,96	26,95	18,72
<i>Water spray to derh, %msf</i>	0,00	0,06	-0,04	0,00	-0,04	-0,04
Turbine cycle component						
<i>Turbine efficiency</i>	36,73	36,73	36,73	36,73	36,73	36,73
<i>Lph1 ttd</i>	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74
<i>Lph2 ttd</i>	-5,14	-5,14	-5,14	-5,14	-5,14	-5,14
<i>Lph3 ttd</i>	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
<i>Lph4 ttd</i>	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56

Unit	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
<i>Hph6 ttd</i>	-1,76	-1,76	-1,76	-1,76	-1,76	-1,76
<i>Hph7 ttd</i>	-7,14	-7,14	-7,14	-7,14	-7,14	-7,14
<i>Hph 8 ttd</i>	11,22	11,22	11,22	11,22	11,22	11,22
<i>Main steam flow</i>	472,27	472,27	472,27	472,27	472,27	472,27
<i>Reheat steam flow</i>	385,29	385,29	385,29	385,29	385,29	385,29
<i>Final temperature fw heater</i>	198,03	241,46	242,69	247,63	205,84	246,45
Unit controllable						
<i>Auxiliary power, kw</i>	7,27	7,75	7,85	8,83	7,74	7,80
<i>Condenser vacuum, mmhg</i>	66,02	68,08	62,52	71,90	90,31	71,12
Cycle component						
<i>%moisture in fuel</i>	0	0	0	0	0	0
<i>%h in fuel</i>	23,41	23,41	23,41	23,41	23,41	23,41
<i>Air heater leakage, %</i>	7,91	7,91	7,91	7,91	7,91	7,91
<i>Air heater effectiveness, %</i>	113,33	110,21	112,69	113,25	113,52	112,98
<i>Scah out temperature, deg c</i>						
<i>Make up water t/h</i>	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60

Lampiran 2 Perhitungan dampak implementasi rekomendasi

Komponen unit	Nilai losses (Kcal/Kwh)	Nilai gas per jam (MMBtu)	Nilai kerugian (rupiah/jam)	Nilai gas per jam (MMBtu) condensor (-70%)	Nilai gas per jam (MMBtu) turbin (-70%)	Nilai gas per jam (MMBtu) auxiliary (-70%)	Nilai gas per jam (MMBtu) turbin & condensor
Operator controllable							
Outlet gas temp, deg c	0,64	0,446373	Rp53.467	0,44637343	0,44637343	0,44637343	0,44637343
Orsat o2 gas in ah	-10,47	-7,27723	-Rp871.673	-7,277226583	-7,277226583	-7,277226583	-7,277226583
Main steam temperature, deg c	0,17	0,121466	Rp14.549	0,121466251	0,121466251	0,121466251	0,121466251
Hot reheat steam temperature, deg c	0,23	0,161417	Rp19.335	0,161416604	0,161416604	0,161416604	0,161416604
Main steam pressure, kg/cm2	-3,44	-2,39168	-Rp286.477	-2,391676869	-2,391676869	-2,391676869	-2,391676869
Water spray to desh, %msf	-0,68	-0,47531	-Rp56.933	-0,475308314	-0,475308314	-0,475308314	-0,475308314
Water spray to derh, %msf	0,04	0,028007	Rp3.355	0,028006565	0,028006565	0,028006565	0,028006565
Turbine cycle component							
Turbine efficiency	14,45	10,04136	Rp1.202.764	10,04136204	3,012408612	10,04136204	0
Lph1 ttd	0,37	0,255296	Rp30.580	0,255296489	0,255296489	0,255296489	0,255296489
Lph2 ttd	-0,45	-0,31106	-Rp37.259	-0,311060093	-0,311060093	-0,311060093	-0,311060093
Lph3 ttd	-0,19	-0,1343	-Rp16.086	-0,134295643	-0,134295643	-0,134295643	-0,134295643
Lph4 ttd	-0,04	-0,02854	-Rp3.419	-0,028541565	-0,028541565	-0,028541565	-0,028541565
Hph6 ttd	-0,46	-0,31808	-Rp38.099	-0,318075934	-0,318075934	-0,318075934	-0,318075934

<i>Hph7 ttd</i>	-1,73	-1,19883	-Rp143.598	-1,198834492	-1,198834492	-1,198834492	-1,198834492
<i>Hph 8 ttd</i>	8,79	6,109141	Rp731.759	6,109141265	6,109141265	6,109141265	6,109141265
<i>Main steam flow</i>	-29,19	-20,2798	-Rp2.429.135	-20,27980282	-20,27980282	-20,27980282	-20,27980282
<i>Reheat steam flow</i>	-15,56	-10,8133	-Rp1.295.231	-10,81332973	-10,81332973	-10,81332973	-10,81332973
<i>Final temperature fw heater</i>	4,05	2,81085	Rp336.686	2,810849995	2,810849995	2,810849995	2,810849995
Unit controllable							
<i>Auxiliary power, kw</i>	117,69	81,77113	Rp9.794.628	81,77113075	81,77113075	24,53133922	81,77113075
<i>Condenser vacuum, mmhg</i>	39,81	27,6588	Rp3.312.999	8,297641312	27,65880437	27,65880437	0
Cycle component							
<i>%moisture in fuel</i>							
<i>%h in fuel</i>	10,93	7,593344	Rp909.538	7,593344352	7,593344352	7,593344352	7,593344352
<i>Air heater leakage, %</i>	5,13	3,567099	Rp427.271	3,567098818	3,567098818	3,567098818	3,567098818
<i>Air heater effectiveness, %</i>	-49,72	-34,5473	-Rp4.138.109	-34,54729464	-34,54729464	-34,54729464	-34,54729464
<i>Make up water t/h</i>	4,36	3,03082	Rp363.035	3,030819849	3,030819849	3,030819849	3,030819849
	Total		Rp7.883.945	46,45850105	58,79071068	8,579872582	28,11949769
	Total mmbtu	65,81966	selisih	19,36116306	7,028953427	57,23979152	37,70016641
			Penghematan perjam	Rp2.319.099	Rp841.935	Rp6.856.239	Rp4.515.764
			penghematan per tahun	Rp20.315.311.381	Rp7.375.351.217	Rp60.060.657.745	Rp39.558.089.426
			penurunan	29%	11%	87%	57%

Lampiran 3 Lembar pernyataan

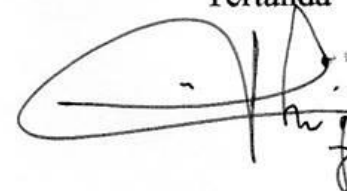
Lembar pernyataan

Nama : YAHYA AKHMAD JA'FAR

Jabatan : SUPERVISOR SENIOR RENDAL OP TU

Menyatakan telah melakukan diskusi bersama untuk penilaian dan kriteria *waste*, risiko dan rekomendasi untuk kepentingan penelitian tugas akhir berjudul peningkatan Peningkatan peningkatan efisiensi operasi PT PJB UP GRESIK dengan pendekatan konsep *lean thinking* (studi kasus : PLTU unit 4 PJB UP Gresik).

Tertanda



(YAHYA AJ)

Lembar pernyataan

Nama : Hilman Aziz Tamimi

Jabatan : Supervisor Senior System Owner

Menyatakan telah melakukan diskusi bersama untuk penilaian dan kriteria *waste*, risiko dan rekomendasi untuk kepentingan penelitian tugas akhir berjudul peningkatan Peningkatan peningkatan efisiensi operasi PT PJB UP GRESIK dengan pendekatan konsep *lean thinking* (studi kasus : PLTU unit 4 PJB UP Gresik).

Tertanda



(Hilman AT)

Lampiran 4 Kuisisioner AHP

KUISISIONER PRIORITAS REKOMENDASI

Kuisisioner ini bertujuan untuk memilih rekomendasi perbaikan yang cocok dengan permasalahan yang dibahas didalam penelitian tentang efisiensi yang dilakukan di PT PJB UP Gresik PLTU unit 4. Rekomendasi yang diberikan adalah sebahai berikut:

1. Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar
2. Perawatan khusus pada condensor
3. Perawatan pada sistem auxiliary
4. Perawatan khusus pada turbin
5. Peremajaan komponen pembangkit

Rekomendasi tersebut dipilih berdasarkan beberapa kriteria, yaitu:

1. Besarnya dampak implementasi
2. Lama waktu implementasi
3. Kemudahan implementasi

Cara penilaian:

Kriteria rekomendasi	Skor	Alternatif rekomendasi
Sama penting	1	Sama baik
Sedikit lebih penting	3	Sedikit lebih baik
Lebih penting	5	Lebih baik
Sangat lebih penting	7	Sangat lebih baik
Jauh lebih penting	9	Jauh lebih baik

Pada kriteria rekomendasi, lingkari angka sesuai kriteria yang **lebih penting**

Kemudahan implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Besarnya dampak implementasi
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------

Pada alternatif rekomendasi, lingkari angka sesuai alternatif rekomendasi yang **lebih baik**

Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------

Supervisor senior rendal Op

KUISIIONER PRIORITAS REKOMENDASI											
NAMA :		YATICA A1									
JABATAN :		SPV SENIOR RENDAL OP PLTA.									
Bobot Kriteria											
Kemudahan implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Besarnya dampak implementasi	
Besarnya dampak implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lama waktu implementasi	
Lama waktu implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kemudahan implementasi	
Skor Rekomendasi Alternatif											
Kemudahan implementasi											
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor	
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary	
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin	
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit	
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary	
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin	
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit	
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin	
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit	
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit	
Besarnya dampak implementasi											
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor	
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary	
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	5	9	Perawatan khusus pada turbin	
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit	
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary	
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin	

Supervisor senior rendal Op (Lanjutan)

Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	X	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	X	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Lama waktu implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	X	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	X	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	X	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	X	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit



Senior engineer operasi

KUISIONER PRIORITAS REKOMENDASI

NAMA : Sunarto, E.M
JABATAN : SENIOR ENGINEER OPERASI

Bobot Kriteria

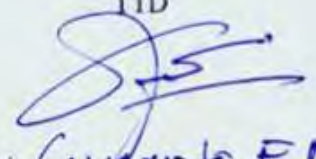
Kemudahan implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Besarnya dampak implementasi
Besarnya dampak implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lama waktu implementasi
Lama waktu implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kemudahan implementasi

Skor Rekomendasi Alternatif

Kemudahan implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Besarnya dampak implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin

Senior engineer operasi (Lanjutan)

Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Lama waktu implementasi										
Pemberian sertifikat untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikat untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikat untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikat untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit

TTD

 (Suparto.E.M.)

Supervisor senior system owner

KUISIONER PRIORITAS REKOMENDASI

NAMA : Hilman Aziz Tamimi
JABATAN : Supervisor Senior System Owner

Bobot Kriteria

Kemudahan implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Besarnya dampak implementasi
Besarnya dampak implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lama waktu implementasi
Lama waktu implementasi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kemudahan implementasi

Skor Rekomendasi Alternatif

Kemudahan implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Besarnya dampak implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin

Supervisor senior system owner (Lanjutan)

Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Lama waktu implementasi										
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada condensor
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Pemberian sertifikasi untuk laboratorium bahan bakar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan pada sistem auxiliary
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan khusus pada condensor	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Perawatan khusus pada turbin
Perawatan pada sistem auxiliary	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit
Perawatan khusus pada turbin	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peremajaan komponen pembangkit

TTD


(Hilman Aziz T)

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Gresik, pada tanggal 16 September 1993 dengan nama lengkap Muchtarul Faisol. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu Minu Sukodono, SMP NU 1 Gresik dan SMAN 1 Manyar. Setelah menyelesaikan pendidikan SMA, pada tahun 2011 penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Industri ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN Tulis. Sejak menjadi mahasiswa, penulis pernah tergabung dalam organisasi mahasiswa tingkat

Jurusan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS (HMTI ITS) sebagai staff pada Departemen Edukasi dan Kesejahteraan Mahasiswa (Dikesma) di periode kepengurusan 2012/2013, dan diberikan tanggung jawab sebagai penanggung jawab beberapa program kerja seperti Tutorial, Academic atmosfer, dan juga ikut dalam kegiatan kaderisasi jurusan. Selanjutnya pada periode 2013/2014 penulis menjabat sebagai Kepala Departemen Edukasi dan Kesejahteraan Mahasiswa HMTI ITS. Selain aktif pada bidang organisasi penulis juga aktif dalam mengikuti pelatihan seperti LKMM TD dan LKMM TM. Penulis juga aktif dalam mengikuti PKM dan lomba keilmuan teknik industri seperti INCHALL, INCOME, dan IDEA. Penulis juga tergabung dalam kegiatan akademik jurusan sebagai salah satu asisten Laboratorium Sistem Manufaktur. Penulis dapat dihubungi melalui email muchtarulfaisol@gmail.com.